



SZAKDOLGOZAT

„Roll” A3 rajztábla továbbfejlesztett verzió tervezése,
prototípus készítése

SZILÁGYI LAURA

Témavezető: Dr. Gara Péter, tudományos munkatárs
BME Gép- és Terméktervezési Tanszék

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

2022

TARTALOMJEGYZÉK

Feladatlap	2
Nyilatkozatok	3
1 Információgyűjtés	6
1.1 Feladatpontosítás	6
1.2 Konkurenciaelemzés.....	6
1.3 Helyettesítő termékek	6
1.4 Kiinduló termék.....	7
1.5 Anyagválasztás	8
1.6 Gyártástechnológia	10
1.7 Ergonómia	12
1.8 Jogszabályok és szabványok	13
1.9 Szabadalomkutatás	14
1.10 Rögzítési mechanizmusok elemzése	15
1.11 Piackutatás	16
1.12 Mechanikai vizsgálat	17
1.13 Célmeghatározás.....	17
2 Követelményjegyzék	18
3 Ötletrajzok	19
3.1 Kiválasztás.....	24
3.2 Továbbfejlesztés	25
3.2.1 Belső szerkezet	25
3.2.2 Tábla rögzítésének módja.....	27
3.3 Részlet kidolgozás	29
4 Végleges termék elemzése	32
4.1 Konstruktív előnyök bebizonyítása	32
4.2 3D modell	34
4.3 Prototípus.....	36
4.4 Összeszerelési útmutató.....	39
4.5 Költség számítás (prototípus alapján).....	40
4.6 Tárolás és szállítás	41
5 Követelmények ellenőrzése	42
6 Továbbfejlesztési ötletek	44
7 Összefoglalás	45
8 Forrásjegyzék	46
9 Köszönetnyilvánítás	52

1 INFORMÁCIÓGYŰJTÉS

1.1 Feladatpontosítás

Szakdolgozatom során lehetőségem volt egy hallgató korábbi munkájának kiegészítésére, továbbfejlesztésére. Jelen dolgozat Kling Anna „Roll” feltekerhető rajztáblájához illeszthető merevítés kidolgozásáról szól. A cél, hogy a tábla kitekert állapotában megfelelően merevített legyen, kézben, ölben és asztalon is egy stabil doboz szerkezet alakuljon ki, amely könnyen össze- és szétszerelhető, valamint könnyen hordozható. A termékkel az A3-mas nyírfa lemezt szeretném helyettesíteni elsősorban egyetemisták számára.

1.2 Konkurenciaelemzés

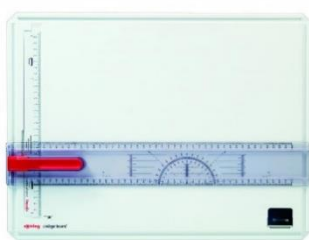
Jelen feltekerhető rajztábla egyedülének számít a piacon, így 100%-os konkurencia jelenleg nem létezik. Az alábbi termékek, mint a hagyományos, hordozható A3-mas rajztábla helyettesítő termékeiként tekinthetők.



1. ábra. Vectra A3 rétegelt lemez [1]

2 840 Ft

Legolcsóbb megoldás,
leggyakoribb megoldás



2. ábra. Rotring Rajztábla College A3 [2]

45 000 Ft

Műanyag, beépített
vonalzóval és szögmérővel



3. ábra. Apple iPad + Apple Pencil [3]

180 000 Ft + 68 000 Ft

Végtelen méretű rajzlap.
Multifunkcionális, így
másra is lehet használni.

A 3 konkurenciatermék a 3 fő árkategória legismertebb termékeik. Leggyakrabban a diákok már általános iskolában vásárolnak A3 rétegelt lemezt, amelyet egyetemista éveikben is használnak. Komolyabb megoldást jelent a Rotring rajztábla, amely további funkciókkal elérhető. A 3. megoldás az Apple iPad és hozzá megvásárolható Apple Pencil, amely gyakori a művészek körében. A tabletre különböző applikációk tölthetők le, illetve vásárolhatóak, nevezetesen a legnépszerűbb a Procreate valamint műszakibb megoldás a Concepts. A tablet előnye, hogy nem csak rajzolásra használható, valamint végtelen a rajzfelület. Hátránya, hogy bár nyomtathatóak a rajzok, alapvetően digitálisan készülnek el.

1.3 Helyettesítő termékek

Helyettesíthető terméknek mondható egy asztal vagy bármilyen kemény felület, például: keményborítású könyv. Az előbbi hiánya és felületének 180 fokos szöge miatt nem teljesen helyettesíti az ölben is használható rajztáblát.

1.4 Kiinduló termék



4. ábra. Kling Anna végleges terméke [56]

A kiinduló termék egy A3-mas lézervágott rajztábla volt, melynek méretei 297 x 420 mm, 4 mm-es lemezvastagsággal. A termék prototípus 2db iratsínnel lett rögzítve merőlegesen a vágásokra, valamint egy hajlékony műanyag lemez került a rajzfelület tetejére, hogy egyenletessé váljon. A termék feltekerhető akár 30 mm-es belső átmérőre vagy éltől-élig 130 mm-es belső átmérőre. Súlya könnyű, valamint az iratsínekkel elegendő merevség érhető el lágy rajzoláshoz.

A feltekerhető rajztábla előnye a hordozhatóság. Legnagyobb konkurenciája (rétegelt lemez lap) mérete és súlya miatt kényelmetlenül szállítható. A feltekerhető rajztábla ötöd annyi helyet foglal el, valamint vállra akasztva szállítható. A kivágások miatt pedig sokkal könnyebb a konkurens termékkel szemben. További szempont, hogy a kivágások, mint mintázat, sokkal esztétikusabb a hagyományos rajztáblához képest.

A jelenlegi konstrukció több szempontból is továbbfejlesztésre szorul. Elsődlegesen a befoglalóméret megemlítendő. Jelenleg a termék 297 x 420 mm, amely pontosan megegyezik az A3-mas rajzlap méreteivel is. Ez rögzítési problémát okozhat, valamint kényelmetlen és balesetveszélyes a rajzlapról leszaladni a ceruzával.

Továbbá repedések figyelhetők meg a rajztáblán a hajlítgatások által. A prototípus nyár rétegelt lemezről készült, amely gyenge minőségű (C/CC), így egy magasabb minőségű fa használata javasolt (AB/B vagy B/BB). A repedések a vágások vastagságából és távolságából adódnak.

Utolsó probléma a lézervágás minősége volt. A vágás során megégett a rajztábla alja, amely esztétikai problémát jelent. Utólagos felületkezeléssel (csiszolás, polírozás) valamint lakkozással javítható. Ezen felül, a lézervágás égése egy bűdös, füst szagot eredményez.

1.5 Anyagválasztás

Az anyagválasztás során elsősorban fa alapanyagot szerettem volna használni, hogy a merevítő szerkezet kiegészítse és komplementálja a feltekerhető rajztáblát.

A fákat 2 fő csoportba oszthatjuk: puha- és keményfák. A fa keménysége fajtától és azon belül a sejtes szerkezetétől függ. A keményfák angiosperms. Egy adott fa keménységet Brinell féle keménységi módszerrel határoznak meg, amely egy 10 mm-es átmérővel rendelkező acélgolyó által, meghatározott nagyságú erővel okozott bemélyedésétől függ. Mértékegysége MPa. Tulajdonságaik alapján a puhafák nem porózusak, valamint kisebb a sűrűségük. A keményfák nehezebbek, sűrűbbek, azonban sokkal tartósabbak. Mivel a puhafák gyorsabban nőnek, olcsóbbak is. [4].

Keményfák (zárvatermők)		Puhafák (nyitvatermők)
Tölgy	Akác	Lucfenyő
Bükk	Kőris	Vörösfenyő
Éger	Juhar	Erdei fenyő
Szil	Cseresznye	Hárs
Berkenye	Nyír	
Nyár		

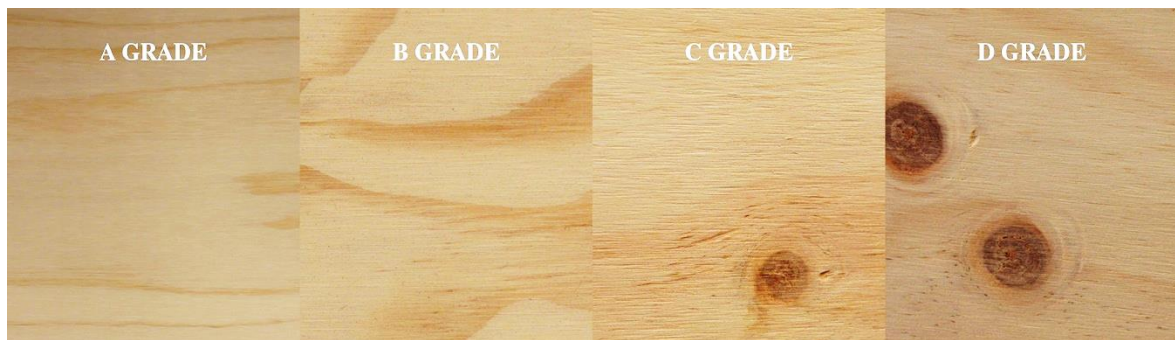
1. táblázat. Magyarországon termő fajták

A rétegelt lemez egy olyan faipari termék, amely késeléssel készített vékony furnérrétegek egymásra ragasztásával készül. A felső réteg száliránya az előzőre mindig merőleges, így rugalmasabbak és szívósabbak, mint a tömörfa, valamint szilárdsági tulajdonságai hossz- és keresztirányba is azonosak. A lemezek könnyen megmunkálhatóak, jó a felületkezelhetőségük, valamint kiemelt hajlítószilárdsággal bírnak. [5]. Készülhetnek puhafából vagy keményfából, amelyek közül Magyarországon a nyír rétegelt lemez a leggyakoribb, azonban létezik bükkből, nyárból, lucfenyőből és erdei fenyőből készült lemez is. Rétegei szerint több fajtát különböztetünk meg: 3, 5 vagy 7 rétegű lemez [6]. Népszerűségüket tovább növeli, hogy olcsóbbak, mint a tömörfa. További előnye hogy már akár 2 mm vastagságtól akár 30 mm vastagságig elérhető.



5. ábra. Rétegelt lemez [36]

A rétegelt lemezeket az UNI EN 635-1 és a 635-2 számú szabvány különböző osztályokba sorolja, a termék minősége szerint. A szabvány 4 fő osztályt különböztet meg: az A, B, BB és C osztály. Az A osztály tökéletes, hibátlan darabok, amelyek csiszolva vannak, míg a további osztályok rendszerint egyre több és észrevehetőbb hibákkal rendelkeznek. [7] A rétegelt lemezek osztályozása leginkább esztétikailag okoznak problémát, azonban számos megmunkálási technológiában is gondot okozhatnak. Ilyen például a lézervágás, ahol a belső hibákban a lézer megakadhat és nem vágja át teljesen a lemezt.



6. ábra. Rétegelt lemez osztályok [8]

Annál rugalmasabb egy anyag, minél nagyobb deformációt képes elviselni maradandó alakváltozás nélkül. A rugalmasságot meghatározza a fafaj, sűrűség, rostirány, nedvességtartalom, hőmérséklet, valamint a fahibák. Kiemelkedően rugalmas a bükk, gyertyán, kőris és vörösfenyő. [9]

További faipari termék az OSB lap, valamint a tömörfa deszka, valamint falécek.

Az OSB lap egy olyan faipari termék, amely faforgácsok összepréselésével előállított tömbösített anyag [10]. Alkalmazása leginkább építkezésekben valósul meg, valamint olyan bútorok készítésénél, amelyek valamilyen más anyaggal (műanyag, szivacs... stb.) fedve van. Ez leginkább gyenge esztétikájából ered.

Tömörfa deszkáról beszélünk, amennyiben a termék farönkből kimunkált, homogén anyag. Forrásából adódik, hogy méretei limitáltak. A falécek szintén tömőrfából készülnek, azonban szögletes formát öltenek.

1.6 Gyártástechnológia

A fa megmunkálásra különböző eszközöket használhatunk. Legközismertebb a fűrőgép és a fűrész, amely szinte minden háztartásban megtalálható. A fa sokszínű felhasználása, valamint egyszerű megmunkálása miatt közkedvelt alapanyag.

A megmunkálási technológiák az egyszerű házi szerszámokon keresztül a komplex, iparban használt szerszámgépeken át terjed.

Néhány gyakori megmunkálási technológia:

Fúrás	Csiszolás	Esztergálás
Faragás	Felületkezelés	Gőzöléses hajlítás
Fűrészelés	Ragasztás	Forgácsolás
Marás	Lézervágás	Gyalulás

A felsoroltak közül néhány komplexebb eljárást fejtek ki, mivel a későbbiek során jelentős különbséget jelenthet a gyártási módszer mind a termék végső kinézeténél, mind a gyártásköltségnél.

Lézervágás:

„A lézervágás egy olyan automatizált anyagszétválasztási eljárás, amelynél a vágáshoz szükséges hőenergiát a lézersugár biztosítja” [11]. A folyamat során a lézerfej 3 tengely mentén mozog (x,y,z), ezen belül a z tengelyű mozgás a lézervágás elején kerül beállításra, az optimális vágási fókuszt érdekében. Emiatt a lézervágás során lapos, lemez alapanyagokat tudunk felhasználni és a kiinduló műszaki dokumentáció egy felülnézeti rajz, amely csak az körvonalakat tartalmazza. A maximális vágási vastagság, a munkaasztal mérete, a vágási idő, valamint a vágási minőség a különböző gépek tulajdonságaitól függenek. Általánosságban a lézervágó gépek maximum 20 mm vastagságig képesek vágni, efelett már CNC marógép használata ajánlott. A lézerek 4 fő csoportba oszthatóak: gázlézerek, festéklézerek, szilárdtestlézerek, valamint félvezetőlézerek. Fa vágáshoz leginkább a széndioxidot használó gázlézert vagy a diódát használó félvezetőlézert használják. Ez utóbbi inkább vékonyabb falemezekhez használatos, mivel gyengébb a széndioxid lézernél.



7. ábra. Fa lézervágása [45]

A félvezető dióda lézer ereje 1 W és 10W között mozog. Az 1 W erősségű lézer 2,5 mm vastagságú fát is csak többszöri áthaladással tudja átvágni, így ehhez a vastagsághoz egy min. 6 W erősségű lézer szükséges. Egy 5 mm-es vastagságú lemezhez már a 10 W ajánlott. A vágási minőség a fa tulajdonságaitól is függ, például a sűrűségüktől. Érdekes kisebb sűrűségű fát használni, mint a nyárfa, amelyet kis sűrűsége miatt akár 5-10 mm vastagságban is szép eredménnyel vághatunk. Egy nagyobb sűrűségű fánál, mint például az égerfa vagy a hársfa, már csak 1,5 és 5 mm közötti vastagságnál tudjuk ugyanezt az eredményt elérni.

A széndioxid lézer már erősebb teljesítményű és 30 W-tól 120 W erősséggel rendelkezik. A minimum érték már a 3-4 mm-t is tudja vágni akár egy áthaladással, korom nélkül, vagy a 60

W 10 mm vastagságot is képes, valamint sűrűbb fákat is. A CO₂ lézernél bármilyen fafajtaival dolgozhatunk. Ez az eljárás drágább a diódás eljárásnál.

A lézervágás minőségét több módon is javíthatjuk, például az alapanyag alátámasztásával, hogy az alja ne égjen foltosra, valamint ragasztószalag alkalmazásával kisebb a korom jelenléte. [12]

CNC marás:

A CNC-marók többtengelyű, numerikusan irányított szerszámgépek. A tengely szám lehet 2D, 3D, 4D és 5D. A tengelyek száma meghatározza, hogy az adott marógép hány tengely mentén képes mozogni és/vagy forogni. A legkomplexebb az 5 tengelyű marógép, amely mind három tengely mentén eltud mozdulni valamint X és Y tengely körül is el tud fordulni (A és B tengely) [13]. Minél több tengelyű a gép, annál komplexebb termékeket tud legyártani, így kiváltva későbbi megmunkálási lépéseket is.

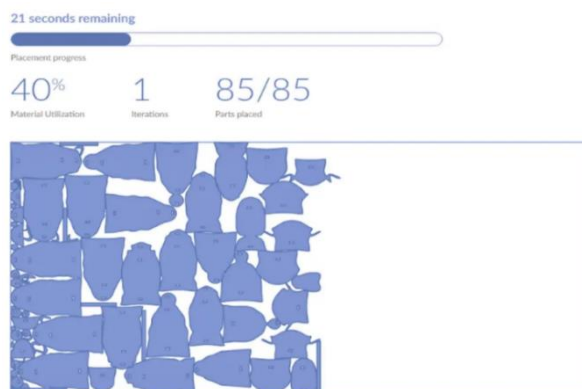


8. ábra. Fa CNC marása [46]

A CNC marógép használatának előnye a lézervágással szemben az elérhető széles szerszámválaszték, az égett felületek hiánya, a gyorsaság, valamint a magas pontosság. Ezek miatt sokkal drágábbak a készülékek és a szolgáltatások is.

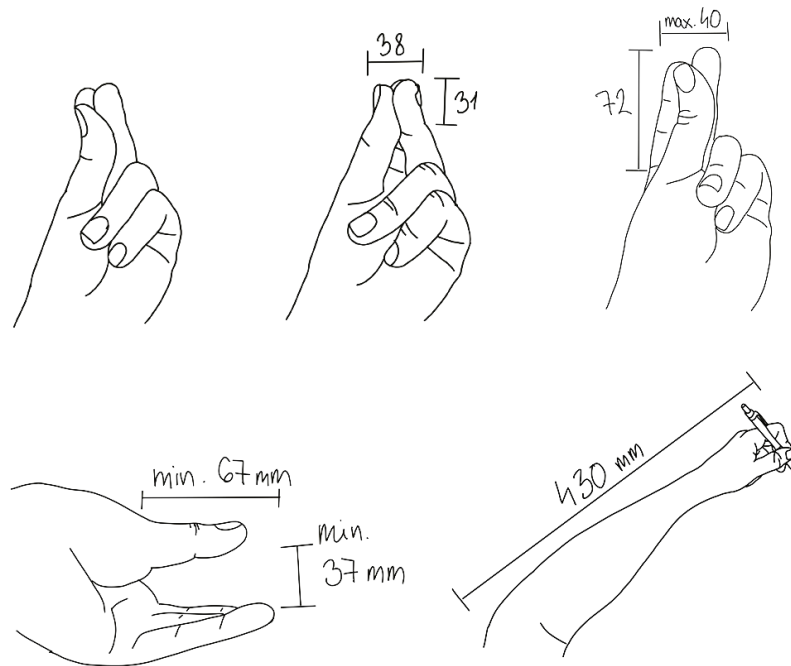
A CNC marógép hátránya, hogy a fa néhány tulajdonsága miatt nehezebbé teszi a megmunkálást. Ilyen például a faipari termékekben, mint a rétegelt lemezben, található ragasztó. A ragasztó kopást eredményezhet a szerszámban. Továbbá problémát okozhatnak a fában lévő csomók, amelyek szárítás során gyakran eltörnek, a gyenge anyagtulajdonságok miatt. Emiatt, a csomók környékén gyengébb paramétereket szükséges alkalmazni, hogy ne roncsolódjon az anyag. [14]

Mind a lézervágásnál és a CNC marásnál is fontos módszer a „CNC Nesting”, amely az alapanyag jó kihasználtságát igyekszik megoldani és a legtöbb elemet, a leghatékonyabban kivágni [15]. A hatékonyságra nesting algoritmusok jöttek létre, amelyek segítenek a hatékony elhelyezésben. Ilyen szoftver például a TruNest az Autodesk-től, valamint a Deepnest szoftver.



9. ábra. CNC nesting technológia [15]

1.7 Ergonómia



10. ábra. Ergonómiai méretek [16]

Ergonómiai vizsgálatom során elsősorban az antropometriai méreteket gyűjtöttem ki. A szerkezet összeszereléséhez, valamint hordozásához a kéz méreteit gyűjtöttem ki. Az ábrán látható méretek a női és férfi középértékek átlaga, ez alól kivétel, ahol külön jelölve van a minimum vagy maximális érték. További érték az alkar mérete. Ez az érték jó kiinduló adat a kényelmes kar tartáshoz a rajztáblán, valamint terhelési vizsgálatnál is használható.

Az ergonómiai elemzésbe természetesen beleértendő a biztonság is

A termék nem okozhat személyi sérülést, így éleit kötelező lekerekíteni, felületének simának kell lennie, valamint nem szabadulhat fel belőle káros anyag. A termék forgalomba hozását a 2012. évi LXXXVIII. törvény szabályozza. A jogszabályban közölt követelményeket a következő oldalon részletezem.

1.8 Jogszabályok és szabványok

A termék forgalomba hozatalát a 2012. évi LXXXVIII. [17] törvény szabályozza. A törvény többek között a biztonságot is érinti.

A termék nem tartozik a CE jelölésre kötelezett termékcsoporthoz [18], így nem kötelező a termék bevizsgálása és a jelzés kihelyezése. Ettől függetlenül, érdemes lehet azonban mégis elkezdni a megfelelőségi vizsgálatot, mivel a *„CE-jelölés igazolja, hogy a forgalmazott terméket a gyártó megvizsgálta és az megfelel az uniós szintű biztonsági, egészségügyi és környezetvédelmi előírásoknak”* [19]. A CE-jelölés kihelyezésére nem szükséges engedély, azonban csak akkor helyezhető ki, amennyiben a

termék megfelel minden uniós követelménynek, műszaki dokumentációval ellátott, valamint EU-megfelelőségi nyilatkozat készült. Az uniós követelmények ellenőrzését végezheti a gyártó vagy egy bejelentett szervezet is. A külső szervezet felkérését csak bizonyos termékkategóriáknál kötelező igénybe venni, amelyek listája alapján ennél a terméknél nem szükséges [20]. *„A termékekre vonatkozó uniós szabályozásról szóló 2022. évi útmutató (A kék útmutató)”* [21, p. 47] alapján, az alapvető termékkövetelmények meghatározásánál a gyártónak kockázatelemzést kell alkalmaznia és meghatározni a termék összes lehetséges kockázatát. Ezt a kockázatelemzést a CE-jelöléshez szükséges műszaki dokumentációban dokumentálni kell. A kockázatok kiiktatására vagy minimalizálására az európai harmonizált jogszabályok adhatnak segítséget, amelyek meghatározzák bizonyos értékek vagy akár megoldást nyújtanak.



11. ábra. CE
megfelelőségi jelölés
[40]

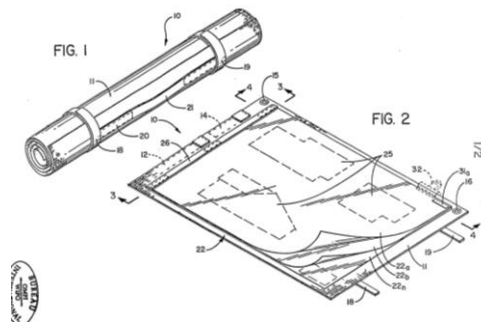
Az Európai Unió továbbá létrehozott egy irányelvet az általános termékbiztonság érdekében. [22], amely igyekszik biztosítani a termék biztonságát mielőtt piacra lenne bocsájtva. Ezen az irányelven belül összesítésre kerültek a már létező európai szabványok több termékkategóriában. Az európai bizottság honlapján található szeptemberben frissített dokumentum szerint [23] jelen termék nem esik egyik kategóriába sem. Ettől függetlenül fontos a termék vizsgálata.

A rajztáblára vonatkozó szabvány hiányában, a CE megfelelési vizsgálathoz hasonlóan, a gyártónak kell kockázatelemzést végezni és azokat ellenőrizni, minimalizálni.

A piacra dobott termékhez kötelező a magyar nyelvű használati és kezelési útmutató biztosítása, valamint a biztonságot érintő figyelmeztetések. A használati és kezelési útmutatónak közérthetőnek és egyértelműnek kell lennie.

1.9 Szabadalomkutatás

A szabadalomkutatás során egyaránt vizsgáltam a hasonló szerkezeteket, valamint inspirációt gyűjtöttem összezsukási mechanizmusokról.

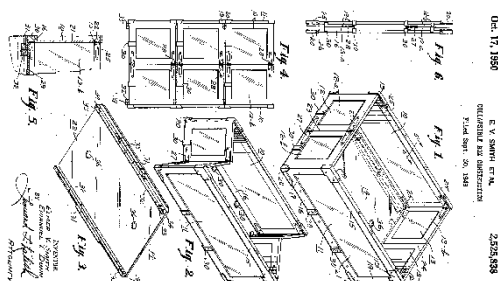


12. ábra. Feltekerhető irattartó [24]

WO8500559A1 [24]

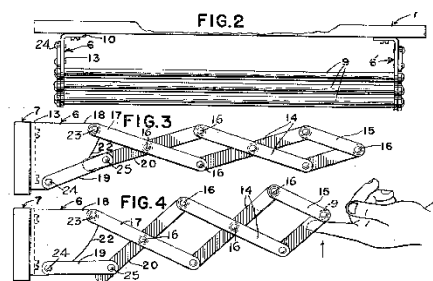
A „Roll” A3 rajztáblával ellentétben, ez a termék szintetikus anyagból készül és az iratok hordozhatóságára szolgál, valamint azok kiterítésére lapos felületeken. Ezt a termék szabadalmat az ALLSOP Inc. nyújtotta be 1985-ben, azonban honlapjukat és termékeit megvizsgálva a termék jelenleg nincs forgalomban [25].

US2525838A [26]



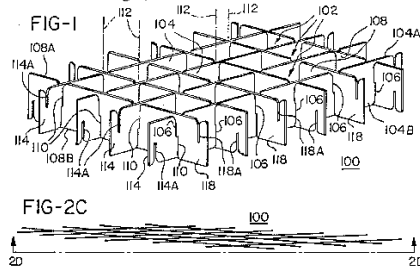
13. ábra. Összezsukható doboz [26]

US2560466A [27]



14. ábra. Összezsukható szárító [27]

U.S. Patent Aug. 7, 1990 Sheet 1 of 7 4,945,689

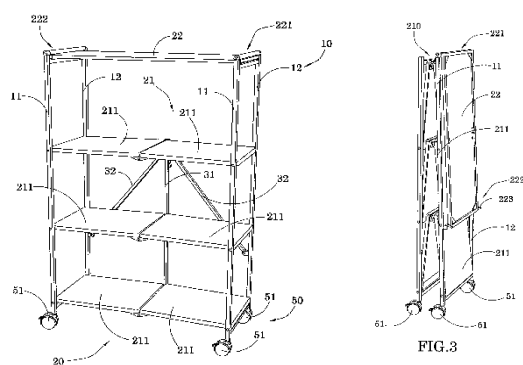


15. ábra. Összezsukható rács szerkezet [28]

US4945689A [28]

Ez a rács szerkezet nagy teherbírású az inercia miatt, emellett az anyag vékonysága miatt laposra hajtható.

Hátránya, hogy geometriai felépítése miatt az összezsukott szerkezet hosszabb lesz, mint a nyitott szerkezet hosszabbik oldala.



16. ábra. Összezsukható polcrendszer [29]

US20100326938A1 [29]

Ez a 4 polcú rendszer praktikusán tárolható és könnyen szerelhető. A polcok az oldalsó élek közé zárodnak, valamint minden polc együtt mozog.

Hátránya, hogy a legfelső polcot külön kell szerelni.

1.10 Rögzítési mechanizmusok elemzése

Bepattanó kötés



17. ábra. Bepattanó kötés szendvicssütőn [30]

Egyszerű bepattanó kötés, felső elemet szorítja az alsóhoz.

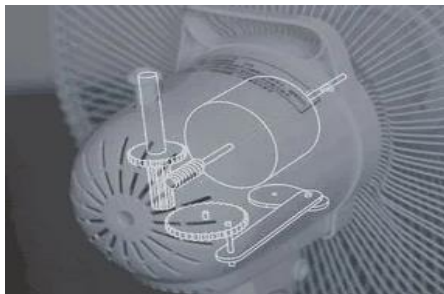
Alakos kötés



18. ábra. Rotring rajztábla rögzítése [31]

Alakos kötés. A gomb bal oldalának lenyomásával a gomb alján található retesz beleakad a vonalzón található horonyba. A jobb oldala feloldja a kötést és mozgatható a vonalzó.

Ventilátor szerkezet



19. ábra. Ventilátor rögzítő eleme [32]

A gomb felhúzásával a ventilátor fej áll, lenyomásával a gomb megforgatja az alatta lévő fogaskereket, ezzel az alsó hajtást is megforgatva.

Alakos kötés



20. ábra. Tablet tartó [33]

Egyszerű alakos kötés. A láb beleakad a hornyokba és geometriailag akadályozva van az elmozdulása a Z tengely mentén.

Rugó



21. ábra. Irattartó [34]

Leszorító, erős torziós rugó.

Hajlított fém, alakos kötés



22. ábra. Gyorsfűző klip [35]

A gyorsfűzőn található klip belülről akad egy lemezbe, így nem tud kiesni. Benyomásával leszorítja a papír szélét.

1.11 Piackutatás

A piackutatás során elsősorban a piacpotenciált becsültem meg piacfelépítési módszerrel, vagyis az elméletileg lehetséges eladások összességét.

A termék 2 fő vásárlói célcsoportja a műszaki- és művészeti képzésben résztvevő egyetemisták, valamint a hobbi-művészek. A potenciális egyetemista vásárlók számát a Felvi.hu statisztikái alapján határoztam meg. Az elérhető adatok közül a „képzési terület szerinti felvettek” statisztikáját használtam fel, mivel a szakkereső csak a februárban induló szakokat listázta ki és így nem volt lehetőségem intézményi és karonkénti szűrésre. Az alábbi táblázatban láthatóak az elmúlt 3 évben egyetemre felvételt nyerő diákok száma és egy átlag, mivel nagyon kicsi mozgás van az évek között. A táblázat tartalmazza az általános- (Á), pót- (P) valamint keresztféléves (K) eljárás adatait is.

A gondolatmenetem az volt, hogy az első éves egyetemisták a leghajlandóbbak drága eszközöket vásárolni az egyetemre. A két képzési terület éves átlaga körülbelül 16 000 ember. A termék fő piaca leginkább csak a következő szakokon tanuló diákok, ezért a fentebb említett számot 30%-kal csökkentettem (a felvi.hu képzési területein belül felsorolt szakok és releváns szakok arányában.) A leginkább célzott szakok: építészmérnök, ipari termék- és formatervező mérnök, könnyűipari mérnöki, formatervezés szak, tervezőgrafika szak, vizuális művészet szak, animáció szak.

	2022			2021			2020			Átlag
	Á	P	K	Á	P	K	Á	P	K	
Műszaki	8310	-	1311	8149	609	1454	7147	594	1362	9 811
Művészet	2094	-	23	2109	50	17	1969	81	23	6 417
Összes potenciális vásárló/év:										16 288

2. táblázat. Az elmúlt 3 évben felvételt nyerők száma képzési terület szerint [36]

$$Q = 16\,000 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 5600 \text{ fő/év} \quad (1)$$

Emellé az adat mellé társulnak a hobbi művészek. Ehhez az adathoz a facebook hirdetési adatbázisát használtam, miszerint Magyarországon a 14 és 40 éves korosztályból (3 millió ember) körülbelül 700 000 ember mutatott érdeklődést a rajzolásra és/vagy festésre. Ezt az adatot csökkentettem 30%-kal, mivel kevesebb azok aránya, akik hobbiból végzik ezeket a tevékenységeket.

$$\text{Így,} \quad Q = 5600 + 700\,000 \cdot 0,7 = 490\,000 \text{ fő} \quad (2)$$

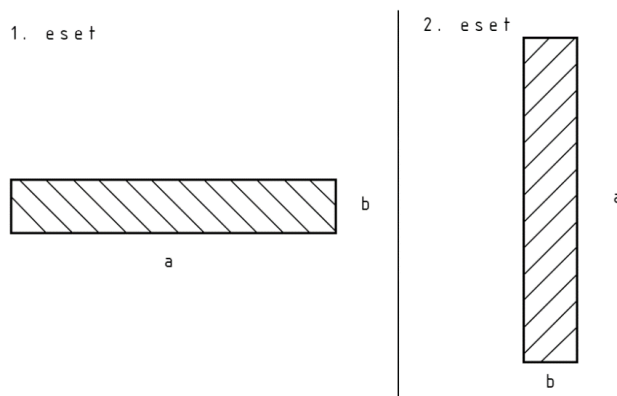
A fenti érték évente 5600 fővel nő. Mivel a termékből csupán egy szükséges, így a további vásárlást kiegészítőkkel lehetne ösztönözni, például asztalszerkezet, komplexebb tároló, beépíthető vonalzó, stb.

A termék előnye, hogy innováció a piacon, valamint kis helyet foglal és könnyű. Ezzel többet nyújtva a konkurencia termékekkel szemben. Kockázati tényező azonban, hogy a piacvezető egy 3000 Ft-os termék, amely szinte ösztönös vásárlás. Jelen termék ára közelebb állna a Rotring tábla árához (18-tól 45 ezer Ft), amely nagyobb befektetésnek számít, így lehetséges hogy csak az vásárolja meg, aki tényleg rendszeresen használná.

A termék piacpotenciálját külföldi forgalmazásával lehetne növelni, elsősorban Európán belül.

1.12 Mechanikai vizsgálat

Mivel a rajztábla fő igénybevétele hajlító jellegű, ezért a lehajlásra vonatkozó mechanikai vizsgálat szükséges. A korábbi prototípus vékony iratsínnel volt merevítve. A vízszintesen, valamint függőlegesen terhelt hullámkarton teherbíróképességén is szemléltethető, hogy élére állított anyag nagyobb teherbírásra képes. Ez az inercianyomatékból, vagyis másodrendűnyomatékból ered.



23. ábra. Másodrendűnyomaték példája keresztmetszetek alapján

$$I_x = \frac{ab^3}{12}, \text{ ahol } b \text{ az } x \text{ tengelyre merőleges oldal} \quad (1)$$
$$(a = 10b)$$

$$I_1 = \frac{10b \cdot b^3}{12} \text{ mm}^4 \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{b(10b)^3}{12} \text{ mm}^4 \quad (3)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{10b^4}{10^3b^4} = \frac{10}{1000} = 100 \quad (4)$$

$$I_2 \gg I_1 \quad (5)$$

Előbbi egyszerű számításon látható, hogy a 2. esetben a keresztmetszet inerciája 100-szor nagyobb, vagyis magasabb oldal magasságot szükséges használni a hajlítómerevség növelésére. Ezt csak geometriai eszközökkel tudom elérni.

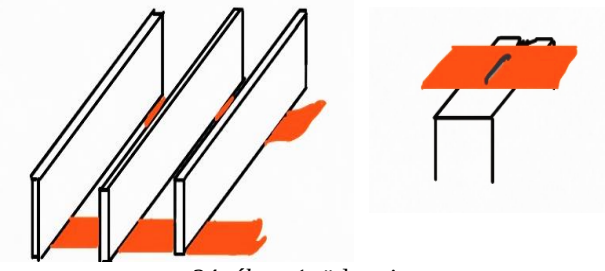
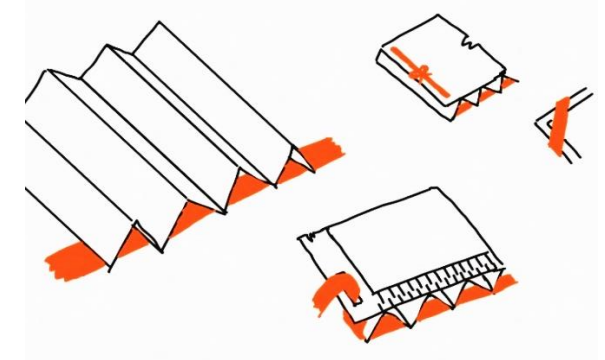
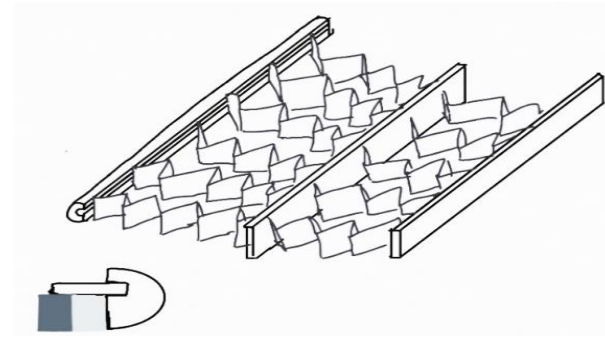
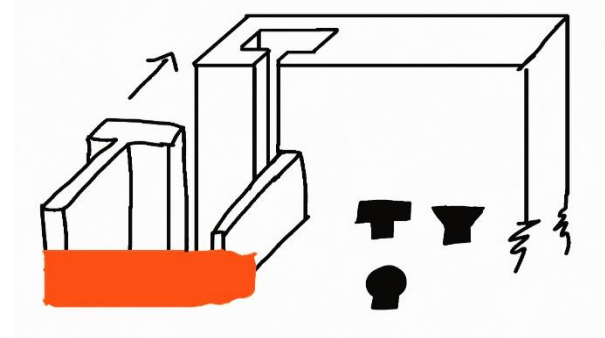
1.13 Célmeghatározás

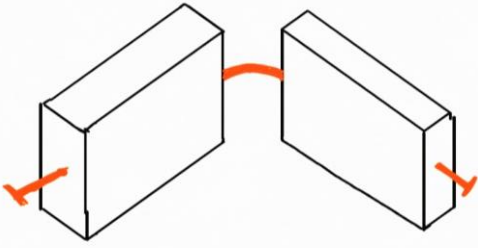
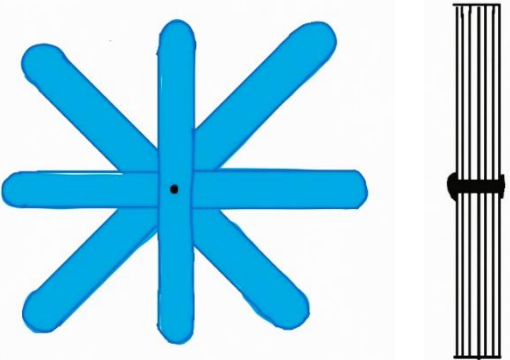
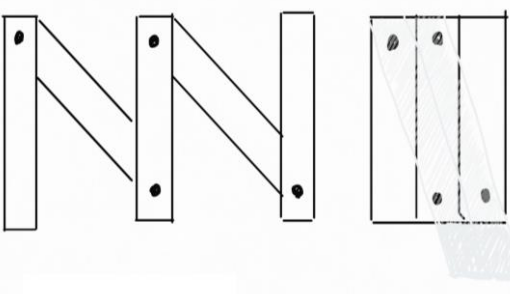
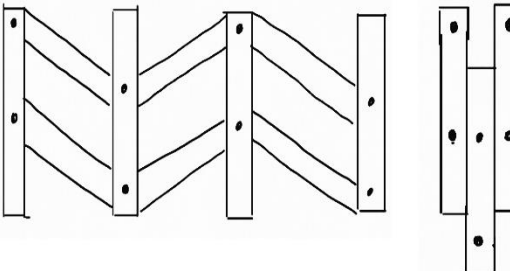
A feladatkiírás, valamint az információgyűjtés alapján, a cél egy olyan dobozos szerkezet tervezése, amely megfelelő merevséget biztosít a feltekerhető rajztáblának. A végleges termék egy gyorsan és egyszerűen szét- és összecsukható szerkezet, amely segítségével a „Roll” rajztáblát akár ülben vagy asztalon is lehet használni. A teljes szerkezet könnyű, esztétikus és kis mérete előny a merev rajztáblával szemben.

2 KÖVETELMÉNYJEGYZÉK

Csoport	Nr	Megnevezés	Adat/Érték	Súly	Megjegyzés
Szerkezet	1.1	Merevség	Síkban marad	A	
	1.2	Lehajlás	Max. 1 mm	A	50N terhelésnél
	1.3	Tömeg	<500 g	A	Merevítő szerkezet
	1.4	Tömeg	<1 kg	A	Rajztáblával
	1.5	Rajztábla minimális mérete	Ráfér egy A3-mas lap	A	
	1.6	Hordozható méret	Kisebb, mint feltekert rajztábla belső átmérője	A	merevítő-szerkezet
	1.7	Elemszám	Nincsen elveszíthető alkatrész	Ó	
	1.8	Mechanizmus	Összecsukható vagy összeszerelhető	A	
	1.9	Stabilitás	Elemek stabilan egymáshoz rögzíthetők	A	
	1.10	Csomagolás	Szállítás közben nem sérül	S8	
Ergonómia	2.1	Lekerekítések	Min. R5	A	
	2.2	Biztonság	Nincsenek éles sarkok	A	
	2.3	Felületminőség	Csiszolt	A	
	2.4	Külső hatások elleni védelem	Felületkezelt	A	
	2.5	Tömeg	Minél könnyebb	Ó	
	2.6	Szállítás	Összecsukott állapotba rögzíthető	A	
	2.7	Antropometria	Minél kényelmesebb fogás	Ó	
	2.8	Rögzítés	Kis erőfeszítés	S8	
	2.9	Biztonság	Minimális kockázat	A	
	2.10	Összeszerelés	Kevesebb, mint 3 perc	A	
	2.11	Összeszerelési útmutató	Egyértelmű	A	
	2.12	Szerszámhasználat	Nem igényel	A	
Életút	3.1	Anyag	Természetes	A	
	3.2	Élettartam	Legalább 5 év	A	
	3.3	Újrahasznosítás	Minden elem újrahasznosítható	Ó	
	3.4	Gyártás	Tömeggyártással gyártható	S7	
	3.5	Gyártási költség	Minél olcsóbb	Ó	

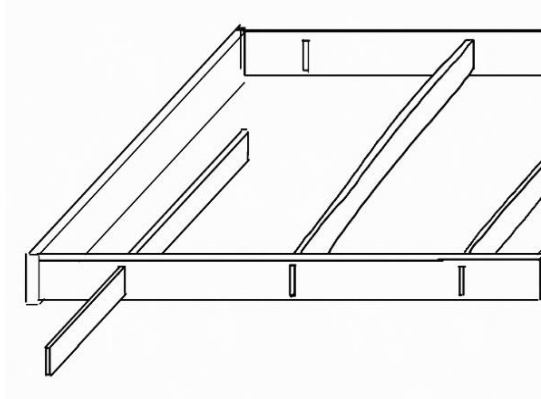
3 ÖTLETRAJZOK

1	Egyszerű, ágykeretszerű	Ez a koncepció a függőleges másolata az ágyrácsnak. A lécek szalaggal vannak rögzítve egymáshoz, a távtartást a kapcsok végzik.
 24. ábra. 1. ötletrajz		
2	Hajtogatott	A második ötlet egy hajtogatott koncepció, ahol a falécek szintén szalaggal vannak rögzítve, azonban háromszög alakot alkotnak. A szalag stratégiai elhelyezésével más-más módon lehetne rögzíteni a szerkezetet, valamint a papírt is rögzíteni lehetne.
 25. ábra. 2. ötletrajz		
3	Harmonika	A harmonika konstrukció egy vékony, deformálható anyag, amely képes a kisméretű összecukásra, azonban függőleges irányban merev. Az anyag plusz merevségét a falécek adják.
 26. ábra. 3. ötletrajz		
4	Horonyba illesztett, összeszerelhető	Ez a koncepció a szalagos (1.) koncepció továbbfejlesztése. A szalag befeszítéséhez a két szélső elemet a rajztáblába munkált horonyba rögzítjük. A horony kialakítása több fajta lehet, amely a gyártás nehézségétől, valamint a roncsolhatóságától függ.
 27. ábra. 4. ötletrajz		

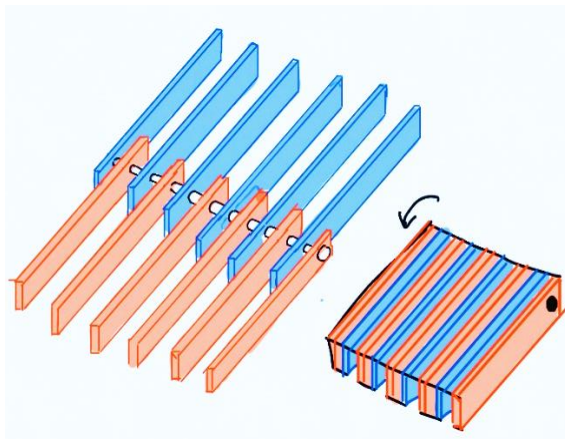
5	Átfűzött madzag	 28. ábra. 5. ötletrajz	A szerkezet összecukhatóságát az átfűzött madzag adja. A madzag befeszítésével a szerkezet kiegyenesedik.
6	Széthajtható, lapos	 29. ábra. 6. ötletrajz	A 6. ötletrajz egy tengely körül elforgatható szerkezet. Előnye, hogy vékony lécekből áll, így alacsony a szerkezet. Hátránya, hogy nincs meg a megfelelő inercia, valamint az A3-mas hosszabbik oldalának (420 mm) merevítésére a szerkezet x irányú oldalának is minimum ilyen hosszúnak kell lennie. Ez azt a problémát kelti, hogy az A3-mas összetekert rajztábla magassága csak 297 mm lesz, azonban a merevítőszerkezet túllóg majdnem 120 mm-t tároláskor.
7	„N” összehajtható	 30. ábra. 7. ötletrajz	A 6. ötletrajz továbbfejlesztése. Itt próbáltam az előbb említett hossz problémát megszüntetni. Ennél az ötletnél azonban máshogyan jelent meg a probléma. Bár nem annyit lóg túl, így sem alkot egy dobozszerkezetet, így a túllógás balesetveszélyes lehet, roncsolódáshoz vezethet, valamint nem esztétikus. Továbbá a szerkezet nem úgy csukódik, mint elképzeltem és az inercia sem megfelelő.
8	Hullám összehajtható	 31. ábra. 8. ötletrajz	Ez a szerkezet egy bonyolultabb verziója az előbbi koncepciónak. Itt is felmerül a korábbi probléma, miszerint túllóg a szerkezet és az inercia nem megfelelő.

9	Csúszkás	A csúszkás szerkezet megengedi az átlós elemek elmozdulását, azonban a rögzítést ki kell dolgozni hozzá.
10	„S” egymásba illő	A 10. ötletrajz alapötlete az volt, hogy „X” irányban, átlósan merevítsen, azonban a szerkezet vékonyra összecusukható legyen. Ezt egymásba illeszthető, hasonló elemekkel oldanám meg, azonban geometriájából adódóan nem tartja a síkot.
11	Zsanéros összeszerelhető	Ez a koncepció egy egyszerű dobozszerkezet, amely a hosszabbik oldalt egy zsanéros elemmel helyettesíti. Ez az elem össze van szerelve az oldalsó lapokkal. Hátránya, hogy szerelni szükséges, valamint a két hosszanti elem szállítása nehézkes.
12	Hornyos összeszerelős	A 12. koncepció fő eleme 2 horony, ahova a rajztábla, valamint több tartóléc csúsztatható be. A horony elhelyezésével a távtartást is biztosítani lehet. Például: egyik lécet balról, másikat jobbról toljuk be és köztük nem folytatódólagos a horony. Hátránya, hogy sok idő összeszerelni, a felületi kopás, valamint az alkatrészek kicsi keresztmetszetei letörhetnek.

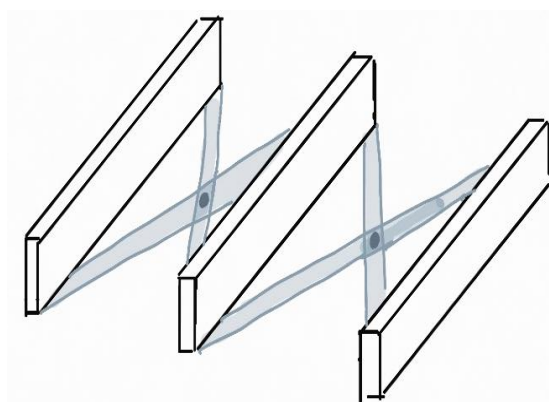
13	Becsúsztatós szerelő	A 13. koncepció szintén szerelhető. Ennél a megoldásnál a felhasználónak 1-1 kivágáson keresztül kell becsúsztatnia a tartóléceket. Ez nehézkes lehet, valamint sok időt vesz igénybe.
14	„Könyv” összehajtható	A „könyv” koncepció egy olyan szerkezet, amely 180 fokban kihajtható. Alapja, hogy a központi tengely körül fordulnak el a lécek. A kék elemek szorosan vannak rögzítve a tengelyhez, míg a tengely lazán fordul el a piros elemekben. A távtartást biztosítani lehet. Hátránya, hogy sok helyet foglal.
15	„X” összehajtható	A 15. koncepció egy széthajtható mechanizmus, amely az „x” tengely mentén mozog. Hátránya, hogy könnyen összezsugorlik, így fontos a megfelelő oldal rögzítés.



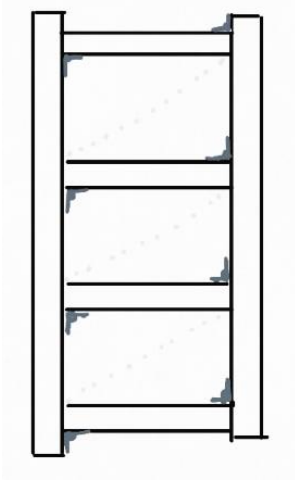
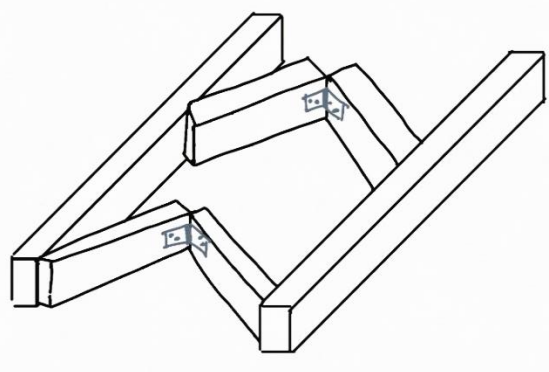
36. ábra. 13. ötletrajz



37. ábra. 14. ötletrajz



38. ábra. 15. ötletrajz

16	„L” összecukható, zsanéros	Ez a zsanéros kialakítás egy egyszerű szerkezet. Hátránya, az előző zsanéros szerkezettel együtt, hogy a második oldal túlnyúlik az elsőn.
	 39. ábra. 16. ötletrajz	
17	Összecukható, zsanéros	Amennyiben a zsanérokat felezzük és „V” formában hajtjuk össze, úgy a két oldal párhuzamosan, egy síkban marad, így nem lóg túl egyik sem. Ennél az ötletnél problémát okozott volna a stabilitás, valamint nem is volt szükség a 2 rétegre.
18	Zsanéros, egysíkban	A 18. ötlet az előző továbbfejlesztése, hogy a zsanérok és az oldalak egy magasságban helyezkedjenek el. Ez a koncepció került továbbfejlesztésre.
	 41. ábra. 18. ötletrajz	

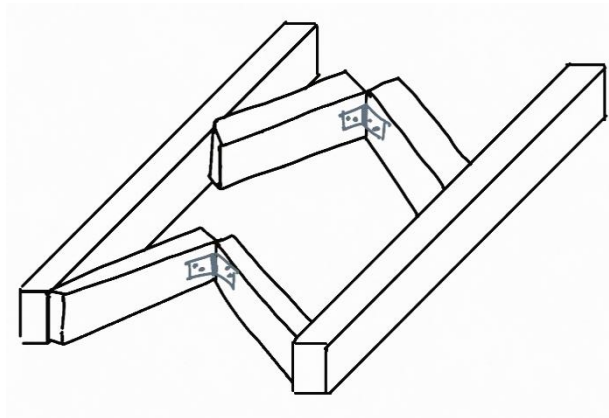
3.1 Kiválasztás

A kiválasztás nem hagyományos módon történt. Az ötletrajzok sorrendjén látható, hogy egyik koncepció inspirációként szolgált a következő koncepciónál. Az ötletelési szakaszon belül is folytonos továbbfejlesztés történt.

A 18. ötletrajzot választottam ki, mivel jobban preferáltam egy szétnyitható szerkezetet, mint egy szerelős szerkezetet, mivel a követelményjegyzék alapján fontos a minél rövidebb összeszerelési idő. Továbbá fontosnak találtam nem csak a függőlegesen, hanem a vízszintesen is elhelyezkedő megtámasztást is (zsanéros elemek), a lehajlás minimalizálásának érdekében.

Az ötletet egyszerűnek találtam gyártás szempontjából, valamint olcsón előállíthatónak a kevés alkatrész és alapanyag miatt, amelyek kereskedelemben is kaphatóak. A szerkezetet kis helyre lehet összecsukni és nagy valószínűséggel teljesíti a merevségi feltételeket, amelyek a követelményjegyzékben megtalálhatóak. A merevségi feltételek teljesülését a későbbi végeselem vizsgálat igazolja.

A koncepció azonban inkább részösszeállítási ötlet volt és kidolgozásra szorult a rögzítés mentén.

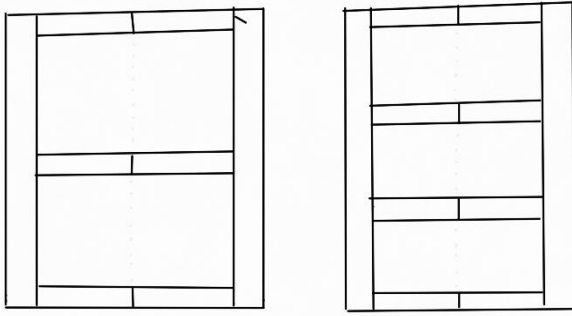
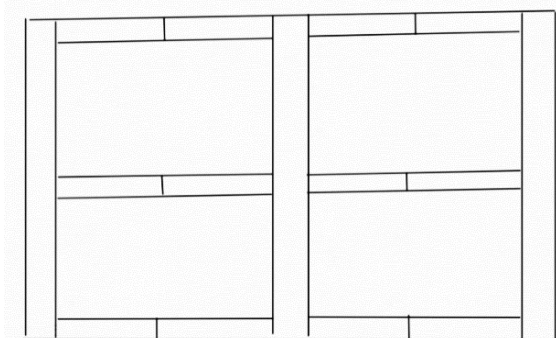
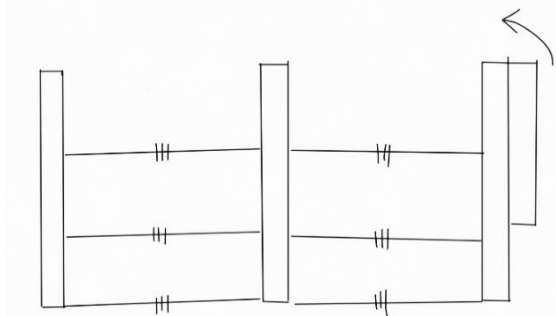


42. ábra. Kiválasztott ötletrajz

3.2 Továbbfejlesztés

A továbbfejlesztés első szakasza a dobozszerkezet kialakítása volt, valamint a rögzítés módja.

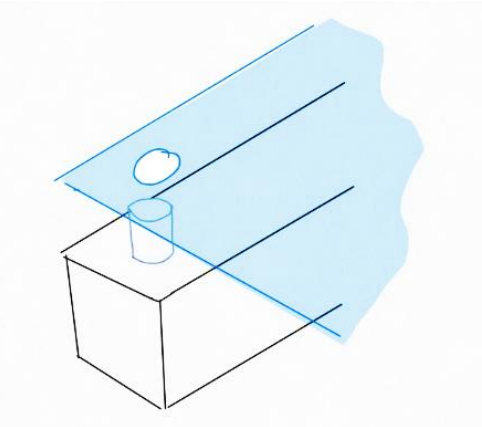
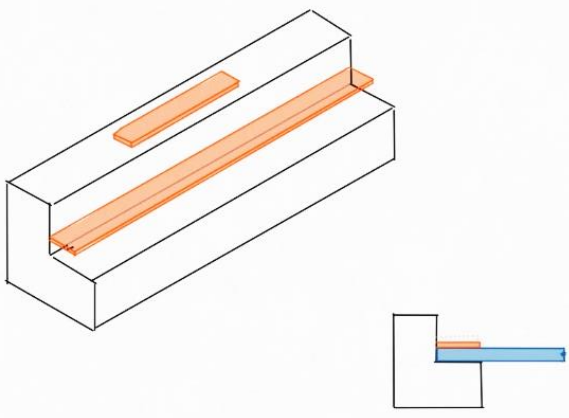
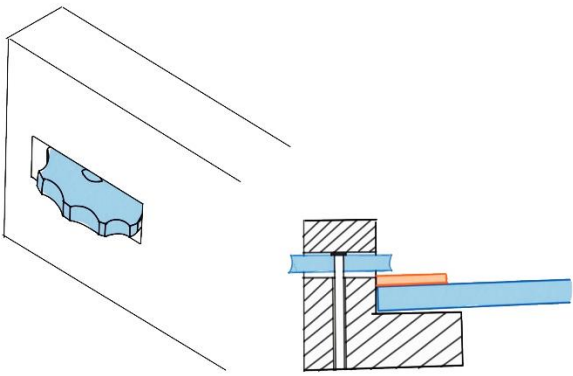
3.2.1 Belső szerkezet

1	 43. ábra. Belső szerkezet 1. ötlet	A továbbfejlesztés nagy része a méretek kialakítása volt, hogy ne legyen nagy a lehajlás, valamint megfelelő merevséget adjon a szerkezet. Az első kialakítás során csak egy egységből állt a szerkezet és szimmetrikusan voltak a zsanéros elemek elhelyezve. Az elemek hossza miatt és a merevség hiánya miatt tükröttem a szerkezetet.
2	 44. ábra. Belső szerkezet 2. ötlet	Ezen az ábrán a tükrözött szerkezet látható. A zsanéros elemek így fele akkorák lettek, valamint középen is található egy stabil tartóléc. Itt felmerült az összecukás módja. Jelen kialakításban a szerkezet nem tudna összecukódni, mivel a zsanéros elemek ütköznének, vagy valamelyik külső elem túllógna. Mivel a túllógás mind esztétikai és biztonsági probléma, így ezt a problémát meg akartam szüntetni.
3	 45. ábra. Belső szerkezet 3. ötlet	A 3. továbbfejlesztés során lejjebb toltam a zsanéros elemeket és felülre egy kihajtható elemet terveztem, így az összecukás megoldott.

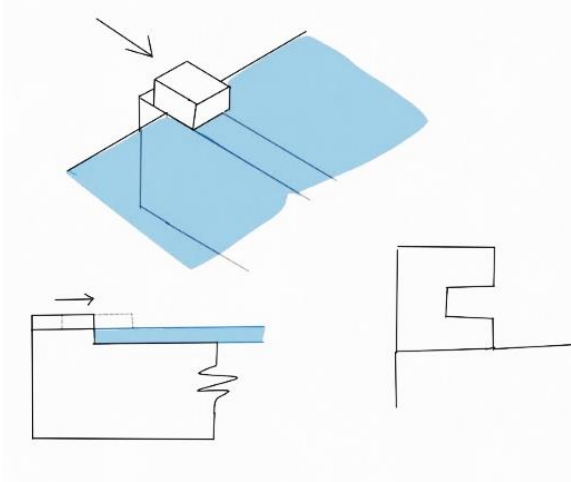
4 46. ábra. Belső szerkezet 4. ötlet	A 4. továbbfejlesztés a kihajtható elem mozgásának kifejtése volt. Ide egy sima süllyesztett zsanért képzeltem el.
5 47. ábra. Belső szerkezet 5. ötlet	A felső elemet szerettem volna elhagyni, mivel esztétikailag nem tetszett, valamint további szerelést kellett volna végrehajtani. Helyette visszatértem a korábbi koncepcióhoz és az összecukási problémához. A rajzokból kiderült, hogy szimmetrikusan nem lehet elhelyezni a zsanéros elemeket.
6 48. ábra. Belső szerkezet 6. ötlet	Végül azon is elgondolkodtam, hogy egyáltalán szükség van-e egy középső elemre. Ezt a gondolatot a későbbiekben végeelem vizsgálattal erősítettem meg.

A végleges belső szerkezet a 2. koncepció a középső elemek nélkül, vagyis a 6. koncepció duplázva. A végeelem vizsgálat megerősítette, hogy a lehajlás értéke a középső elem hiányában is az elfogadható tartományba esik, vagyis kisebb, mint 1 mm.

3.2.2 Tábla rögzítésének módja

1	 49. ábra. Rögzítés 1. ötlet	A legelső ötlet egy alakos kötés volt. Ez inkább csak pozícionálásra szolgál, mivel semmi sem akadályozza, hogy a tábla felülről ne essen le.
2	 50. ábra. Rögzítés 2. ötlet	A második rögzítési mód egy hosszú rászorító elem volt. Itt egy gomb lenyomásával lehet a lapot leereszteni és rászorítani a rajzlapra, majd újbóli lenyomásával felengedni. Ennek a koncepciónak a gomb szerkezete bonyolulttá tenné a gyártást, valamint nagy erő lenne szükséges a tényleges leszorításhoz.
3	 51. ábra. Rögzítés 3. ötlet	A 3. koncepció szintén egy leszorító mechanizmus. Itt egy marokanyával/marokcsavarral lehet leszorítani a lap alkatrészt. Ennek az ötletnek a hátránya, hogy nagy erőfeszítést igényel rászorítani a lapot.

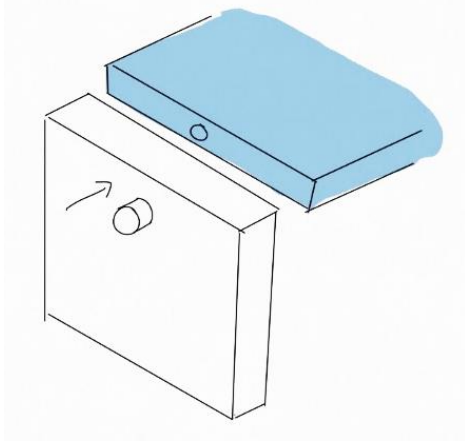
4



52. ábra. Rögzítés 4. ötlet

A 4. ötlet egy csúsztatható elem, amely szorosan rácsúszik a rajzlapra. Ez kopást és karcolást eredményez.

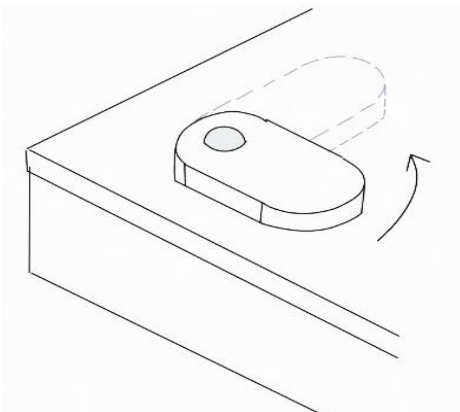
5



53. ábra. Rögzítés 5. ötlet

A következő ötlet egy henger volt, amelyet bele lehet tolni a rajztáblán lévő lyukba, így alakos kötéssel gátolva az elmozdulást. Itt szintén a kopás jelent meg, mint probléma.

6



54. ábra. Rögzítés 6. ötlet

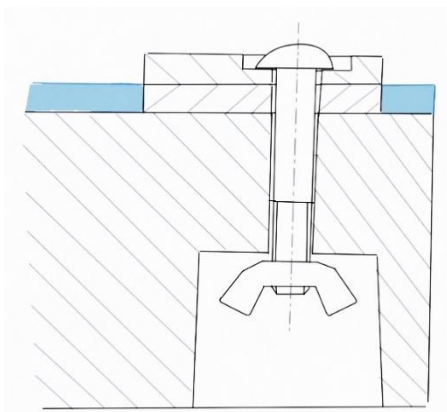
A 6. ötlet az 1. és a 4. ötletnek a továbbfejlesztése. A reteszt rá lehet fordítani a rajzlapra, így leszorítva a rajzlapot.

Ez a koncepció került kiválasztásra, mivel egyszerű, gyors, valamint biztos rögzítést biztosít.

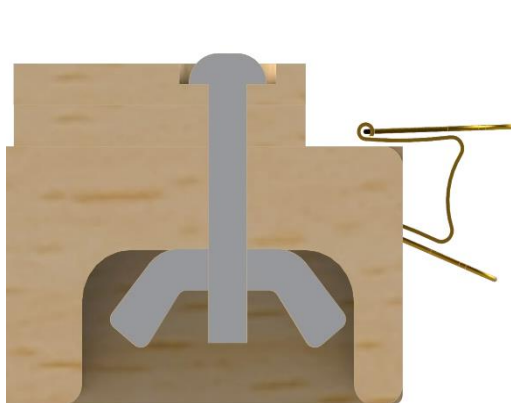
3.3 Részlet kidolgozás

Az első kidolgozás a rögzítés volt. A késsel színezett elem a rajztábla. Látható, hogy a reteszről 2 alkatrész is található, amelyből az alsó az oldalelemre van ragasztva, valamint a felső elem az, amelyik elfordul. A leszorítást a szárnyas anya végzi.

A kivágás az anya elrejtésére szolgál, valamint így a csavar és az anya nem akadályozza az asztalra letételt.



55. ábra. Rajztáblarögzítés kidolgozása



56. ábra. Rajztáblarögzítés 3D modellben

Ezen a ponton ellenőrizni szerettem volna a rögzítés erősségét, így egy 0. prototípust gyártottam a részösszeállításról. A prototípus lézervágásból kimaradt rétegelt lemez hulladékból készült. Eredeti terveim alapján 35 mm magasra terveztem a szerkezetet, 50 mm szélesre az oldalakat és ezekbe egy M6-os csavart helyeztem.

A prototípus alapján bebizonyosodott, hogy a csavaros rögzítés és az elfordítható retesz megfelelő leszorításra képes, valamint a függőleges bordáknak nagyobb a merevsége és terhelhetősége a kiinduló koncepcióhoz képest. A 0. prototípus alapján más problémák merültek fel.



57. ábra. Rajztáblarögzítés a 0. prototípusban



58. ábra. Zsanér túlfordulása (bal) és helyes kialakítás (jobb)



59. ábra. 0. prototípus összecsupka

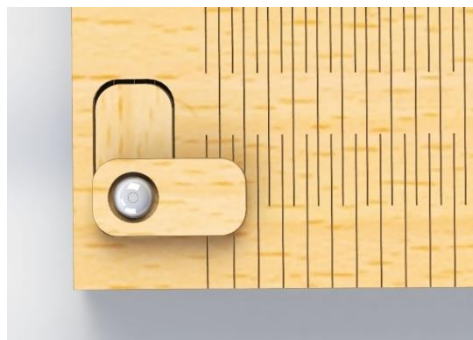
A fenti ábrákon látható, mennyit számít a zsanérok jó elhelyezése, hogy a zsanéros borda ne nyúljon túl. Továbbá, túl hosszúak voltak a facsavarok, így le kellett vágni őket sarokcsiszolóval. Amennyiben nincs levágva, nem csak balesetveszélyesek, de nem is lehet a szerkezetet teljesen összecsupka.

További probléma a rögzítőelemek mérete volt. Az eredeti falvastagságot az elérhető zsanér magassága adta, azonban további piackutatás során találtam egy 25mm magas zsanért, így az oldalmagasság lecsökkent. Arányaiban csökkentettem az átmenő furatot és a hozzáillő csavart is. A csavarboltban, ahol beszereztem, a legkisebb csavar M4-es volt. Fontos volt számomra, hogy a csavar ne vegye el a figyelmet a szerkezetről és az M4-es csavar is megfelelő leszorítást eredményezett. A csavar alatti kivágást korábbi ergonómiai vizsgálatom alapján határoztam meg.



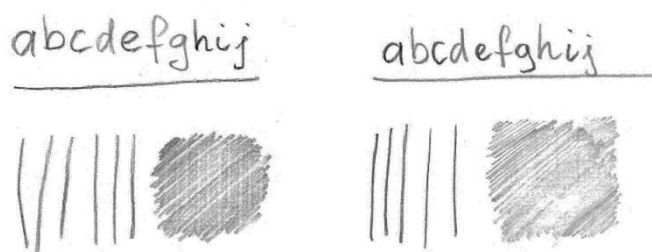
60. ábra. 3D modell oldalnézetből

A következő módosítás a rajztábla méreteinek növelése volt 480 x 310 mm-re, hogy a reteszek és a retesz kivágások ne zavarják az A3-mas lapot. A kiinduló rajztábla csak 420 x 297 mm nagyságú volt. A rajztáblán lévő kivágásokat is módosítani kellett, így egységesebb lett a minta-t.



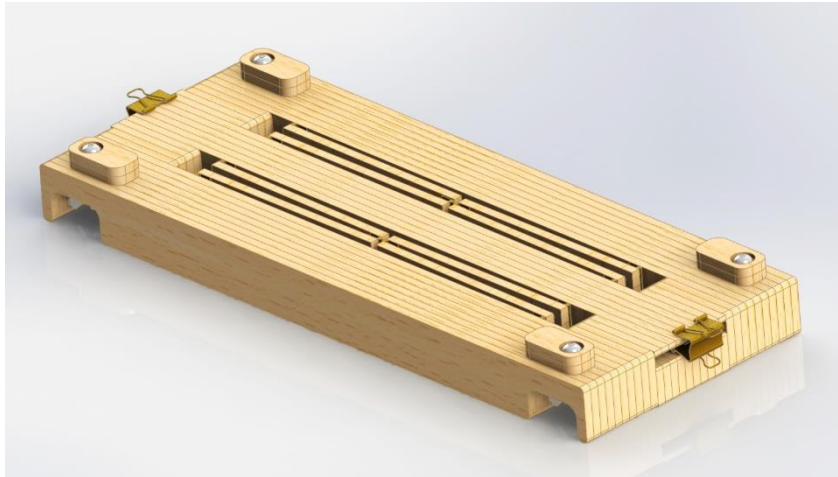
61. ábra. Új rajztábla mintázat 3D modellje

Az eredeti rajztábla tetejére egy vastag műanyag alátét került. Ezt helyettesítettem egy könyvborító fóliával, így ez nem számít külön alkatrészként szereléskor, nem gátolja a rajztábla feltekerését, valamint jobb a rajz minősége, mintha nem lenne rajta fólia. A fólia a ragasztóanyag miatt azonban nem újrahasznosítható, így nem sikerül a követelményjegyzékben említett óhaj. Ez az egyetlen ilyen alkatrész.



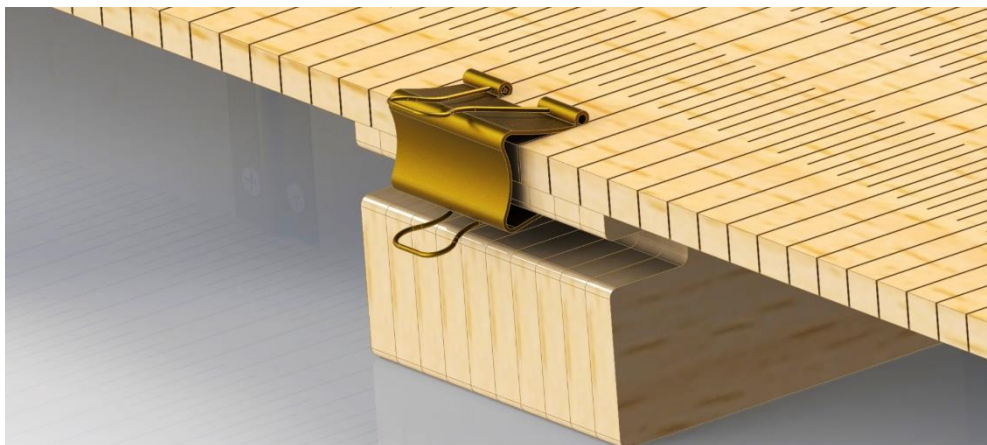
62. ábra. Vonalminőség fólia nélkül (bal) és fóliával (jobb)

Mivel limitált a feltekert rajztábla belső átmérője, így az összecsuksukható merevítő szerkezet befoglaló méretei is. Igyekeztem minél kisebbre tervezni, így a középső-, valamint az oldalsó elemekre is egyaránt terveztem egy 8 mm-es süllyesztést középen. Ez arra szolgál, hogy a zsanéros elemek el tudjanak helyezkedni a mélyedésben, de a kinyitott méretet ne befolyásolják. A zsanéros elemeket továbbá 1,5 cm-rel beljebb toltam mindkét irányban, mivel így is csökkenteni tudtam a lehajlást, valamint így nem gátolta a rögzítési folyamatot.



63. ábra. Összecsuksukott szerkezet 3D modellje

A rajztábla szélessége miatt probléma volt a fölfelé (z tengely irányába) történő elmozdulás. Ez akkor fordulhat elő, ha a tábla fejjel lefelé van fordítva vagy a felhasználó alulról fölfelé nyomja a táblát, például a combjával. Ezt a középső elem és a rajztábla közötti rögzítéssel oldottam meg. Ideálisan egy integrált és saját tervezésű kapocs rögzíti a két elemet, azonban a prototípusnál 2 db iratcsipesz látta el a feladatot. Ezek a közepesméretű, 10 mm széles iratcsipeszek. Rugós kialakításuk miatt rendkívül erősek. A rögzítésükhöz a középső elembe egy bemetszést terveztem, ahova befér az iratcsipesz is.



64. ábra. Középső elem rögzítése 3D modellben

4 VÉGLEGES TERMÉK ELEMZÉSE

4.1 Konstrukciós előnyök bebizonyítása

A prototípus tervezése során 3 fő kérdésem volt:

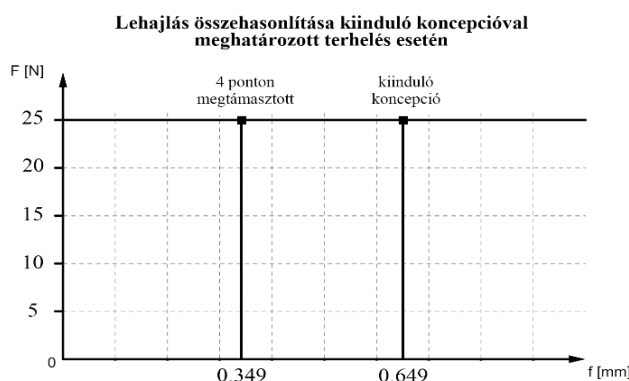
1. Mennyivel merevebb a szerkezet, ha 4 ponton van megtámasztva, az eredeti 2 helyett?
2. Megfelel-e a szerkezet lehajlásra, ha középen elhagyom a zsanéros elemet?
3. Mennyivel csökken a lehajlás, ha a zsanérokat 15 mm-rel beljebb tolom a szerkezet szélétől?

Ezekre a kérdésekre a választ végeelem analízissel jártam körül, vizsgálva többféle alátámasztást és anyagot is. Az összes vizsgálat során ugyanazokkal a mechanikai tulajdonságokkal dolgoztam és egy konstans 25N értékű terheléssel a rajztábla közepén. A szimmetria miatt csak a rajztábla felét használtam az analízis során. A vizsgálat hibahatárát $\pm 10\%$ -ként határoztam meg, mivel a vizsgálat alapvető része a helyes és pontos mechanikai tulajdonságok használata, valamint a rajztábla egyedi geometriája is befolyásolja a bevitt értékeket, amelyek a bemeneti, egyszerűsített modellen nincsenek jelen.

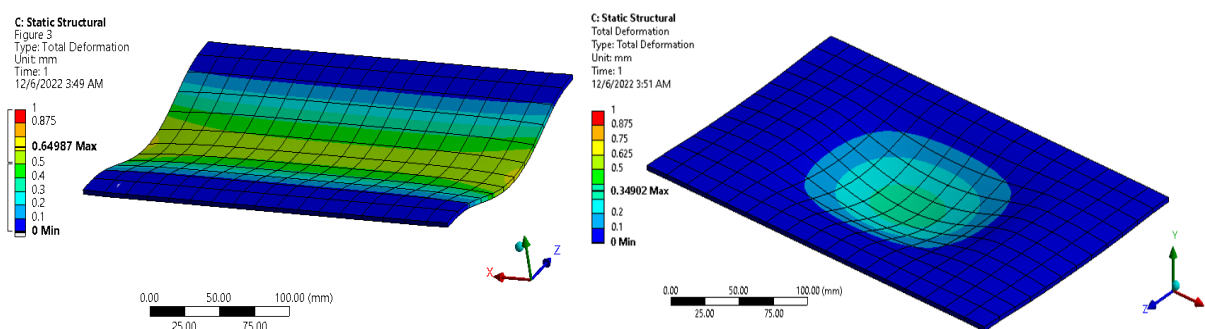
	Sűrűség [kg m^{-3}]	Young Modulus [MPa]	Poisson tényező [-]
Rétegelt lemez	374 ^[37]	7000 ^[37]	0,36
Tömörfa	380 ^[38]	10900 ^[38]	0,392 ^[38]

3. táblázat. Végeelem analízis során használt értékek

Az első kérdésre egyértelműen pozitív választ kaptam, mivel a 2 ponton megtámasztott szerkezet maximális lehajlása 0,649 mm. Ezzel szemben, a 4 szélső ponton megtámasztott tartó 0,478 millimétert hajlik le, míg a beljebb hozott zsanéros alátámasztással csak 0,349 millimétert. Ez az érték az eredeti érték 46%-os csökkenését jelenti. Mindezek felett, a szerkezet megfelel a maximum 1 mm-es lehajlásra.

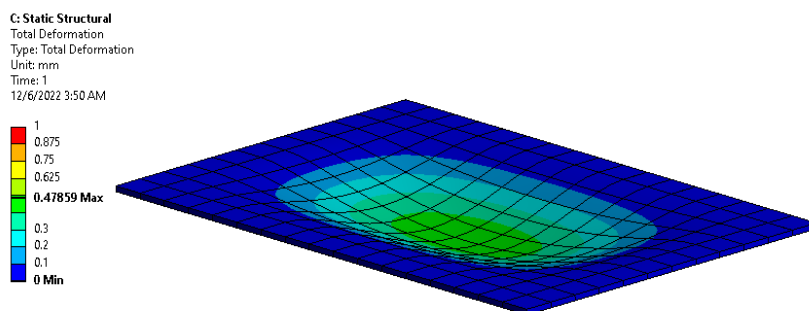


65. ábra. Lehajlást ábrázoló grafikon az eredeti- és új koncepciónál



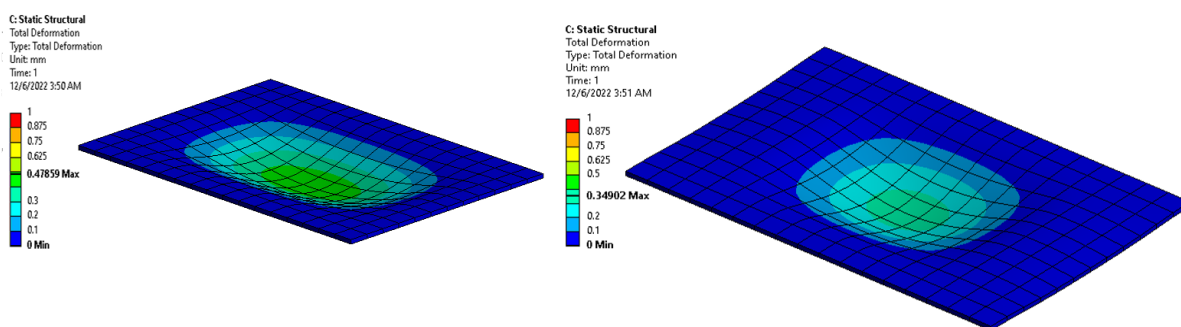
66. ábra. Lehajlás 2 pontos támasztásnál (bal) és 4 pontos támasztásnál (jobb)

A második kérdés a középső elem elhagyása volt. Az alábbi ábrán látható, hogy a szerkezet így is megfelel, mivel $f < 1$ mm.



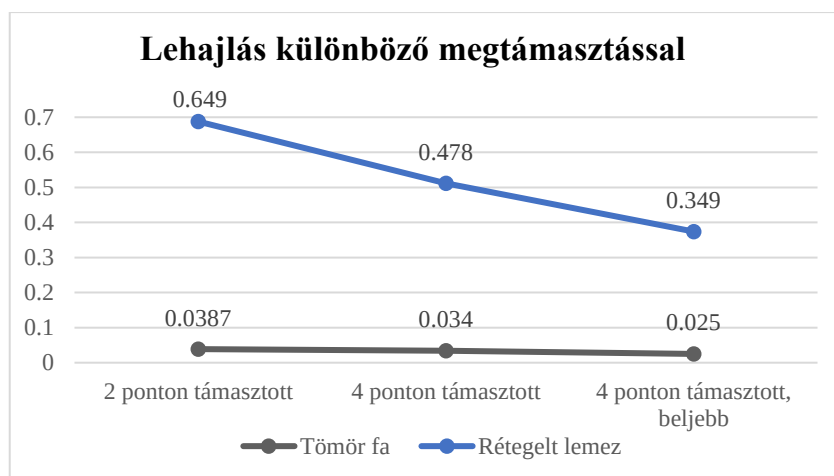
67. ábra. Lehajlás középső elem nélkül

Az utolsó kérdés a zsanérok beljebb hozatala volt, hogy kompenzáljam a középső elem hiányát, valamint így a zsanérok nem zavarják a sarkokban található rögzítést. Az alábbi ábrán látható, hogy 0,13 milliméterrel, vagyis 27%-kal csökkent a lehajlás.



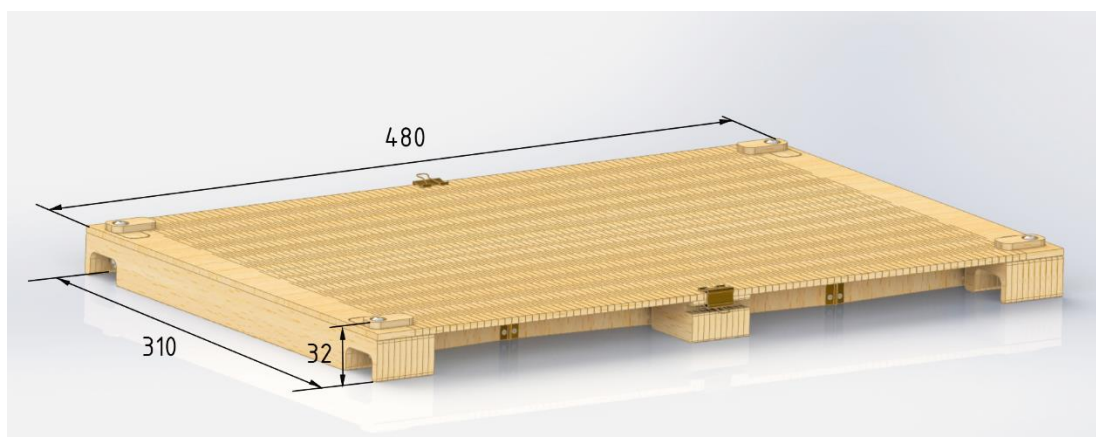
68. ábra. Lehajlás szélső megtámasztással (bal) és 15 mm-rel beljebb tolt megtámasztással (jobb)

Az alábbi táblázatba az analízis során kapott értékek lettek összesítve. Látható, hogy a rétegelt lemez nagyobb rugalmassága miatt érzékenyebb a lehajlásra és fontos a megfelelő megtámasztás biztosítása. A szürke csík a tömör fát jelzi, mint ellenőrző érték.

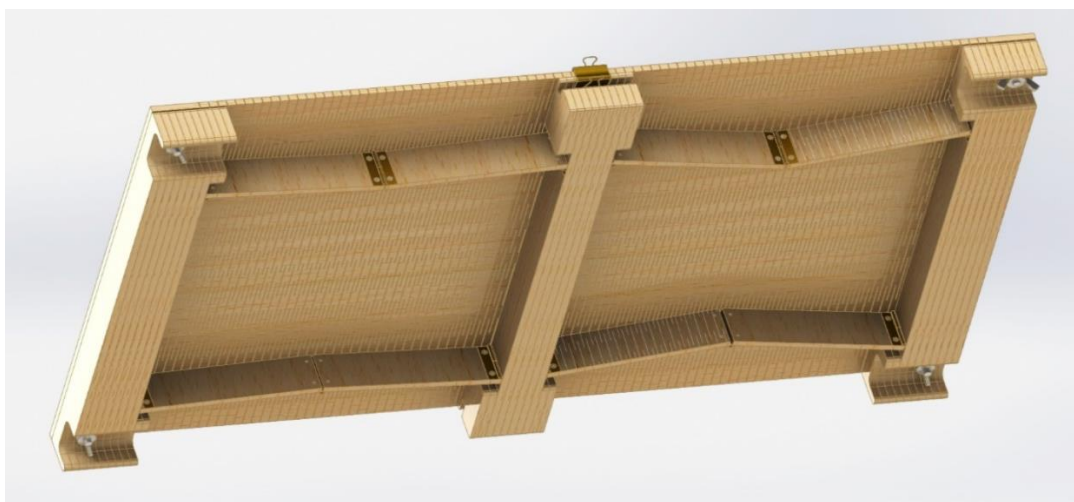


69. ábra. Végeselem vizsgálatok eredménye grafikonon

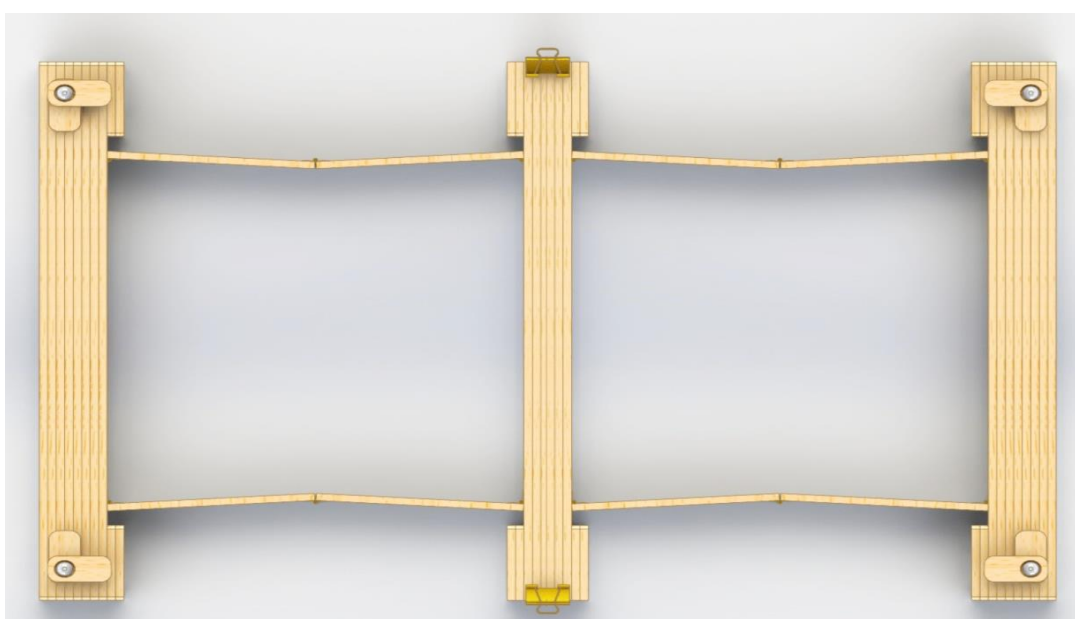
4.2 3D modell



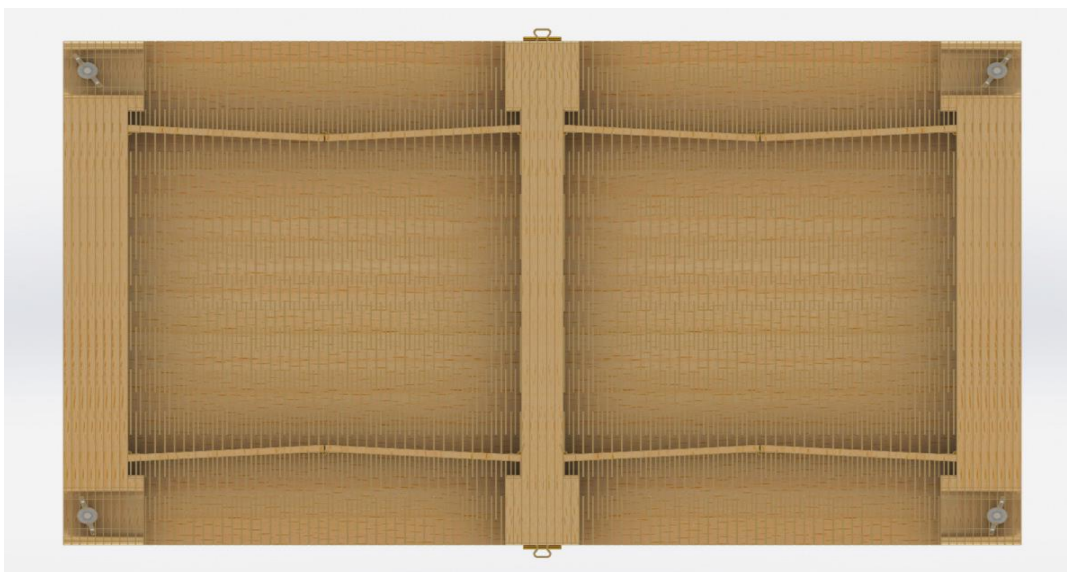
70. ábra. 3D összeállítás befoglaló méretekkel



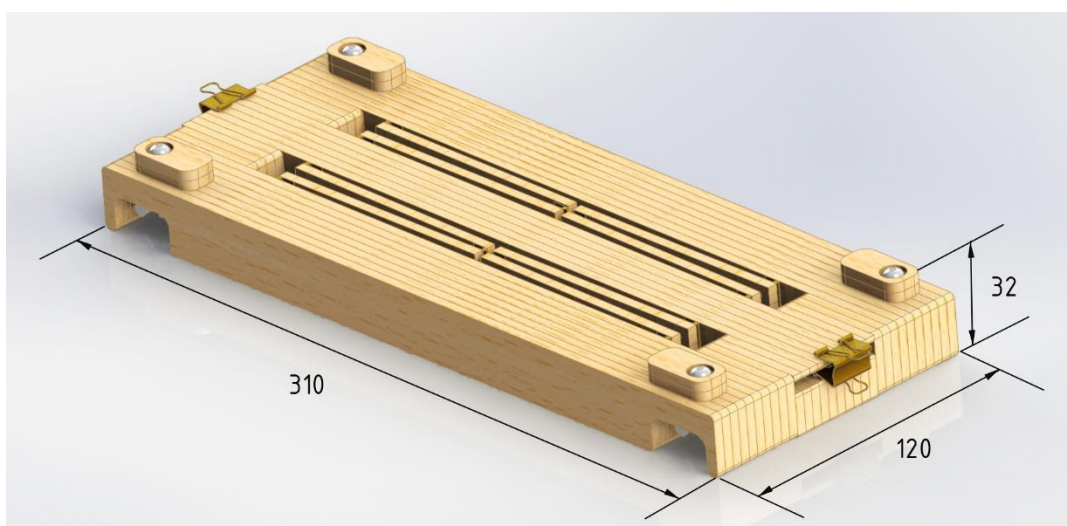
71. ábra. Zsanéros rögzítés alulról



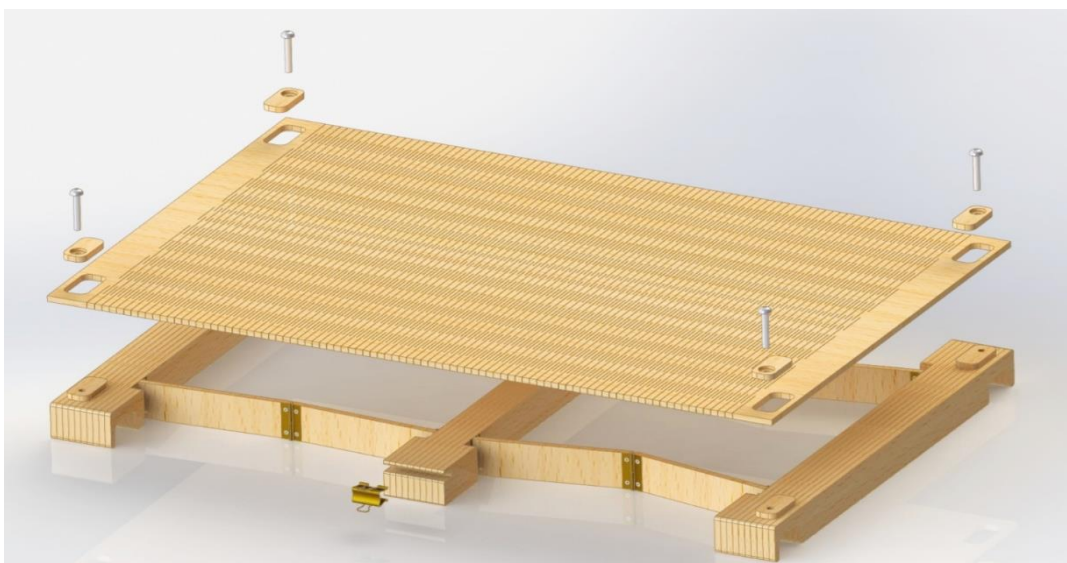
72. ábra. Nyitott merevítőszerkezet



73. ábra. Nyitott szerkezet rajztáblával alulnézet



74. ábra. Összezárt merevítő szerkezet befoglaló méretekkel



75. ábra. 3D robbantott ábra

4.3 Prototípus

A prototípus gyártása lézervágással készült, mivel a rajztáblán található kivágások elkészítésére ez volt alkalmas. A műhelyben található 10W-os lézervágó alaplapja 750 x 450 mm széles, valamint a rendelkezésre álló rétegelt nyár lemeznek is ez a mérete.

A lézervágás során minden alkatrész kivágásra került és összesen 1,3 m² rétegelt lemezt vett igénybe. Mivel a rétegelt lemez 4 mm vastag volt, így a szerkezet 40 mm-es oldalait 10 egyforma lapra daraboltam, és ezek kerültek kivágásra.

A zsanérok könnyített összeszerelése érdekében az oldallapokba 1,4 mm-es lyukak is lettek vágva az M2-es facsavarokhoz.

A lézervágás összesen 2 órát vett igénybe.

A fa gyenge minőségi osztályozása miatt (C/CC) a rétegelt lemezben görcs hibák voltak, amelyek befolyásolták a vágási minőséget. A rajztábla 2x került kivágásra, mivel első alkalommal 2 helyen sem ért a lézer át a 4 mm-es vastagságon és így feltekeréskor fogtörés keletkezett. A második kivágás során csak egy helyen, azonban sokkal nagyobb területen merült fel a hiba, amely a középén való elhelyezkedése miatt nehezen javítható. Ebből a tapasztalóból is látható, hogy fontos a jó minőségű fa használata.

További tapasztalat az volt, hogy az alkatrészek alja foltosan megégett, így esztétikailag nem tökéletes és további csiszolást igényel.

Az összeszerelés összesen 3 órát vett igénybe gyors ragasztással (ezen felül 24 óra a teljes száradás) és a következő lépések valósultak meg sorrendben: égett felületek csiszolása, zsanéros elem összeszerelése, oldalsó elemek csiszolása és ragasztása, középső elem csiszolása és ragasztása, oldalsó elemek lévő furatok elkészítése, felület- és él lekerekítések elvégzése, fordítható rögzítő elem süllyesztése, fix rögzítő elem ragasztása az oldalakra, lakkozás, zsanérok rögzítése a középső és oldalsó elemekhez, rögzítési pontok összeszerelése (csavarokkal).

Teljes tömeg: 846 g

Merevítés tömege: 539 g

Rajztábla tömege: 307 g

Befoglaló méret összecsukva: 120 x 32 x 310 mm



76. ábra. Prototípus nyitási folyamata



77. ábra. Összeszerelt prototípus



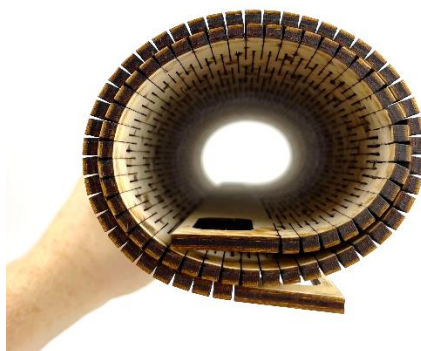
78. ábra. Rajztábla rögzítése, prototípus



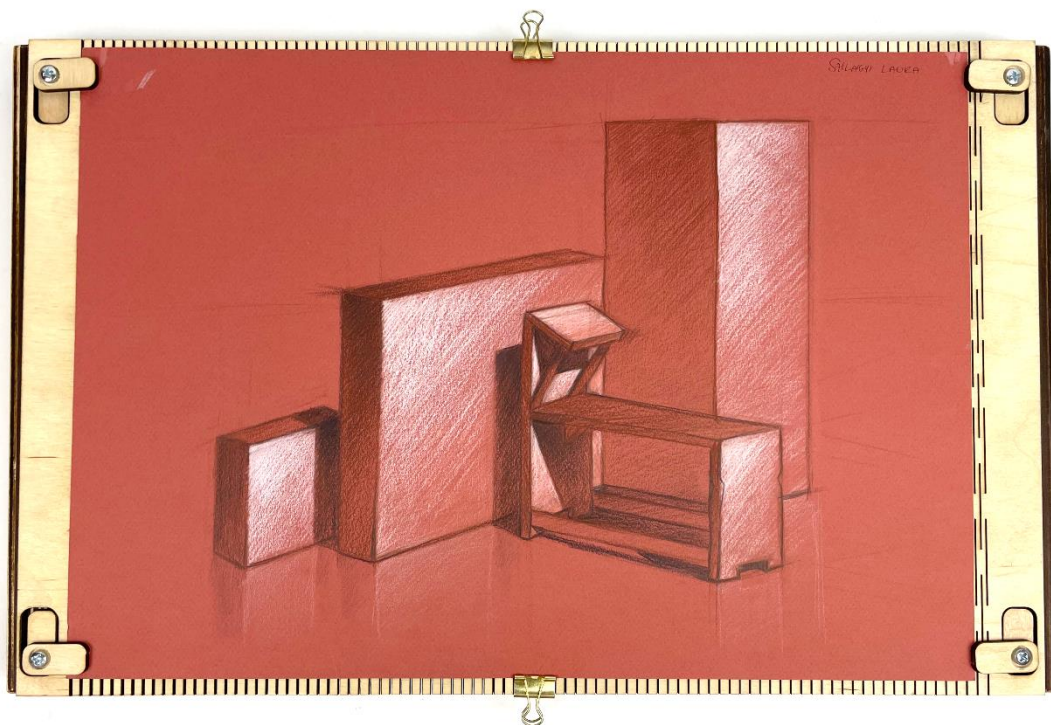
79. ábra. Elfordítható retesz, prototípus



80. ábra. Középső elem és horony, prototípus



81. ábra. Feltekert prototípus



82. ábra. Végleges prototípus, A3 lappal

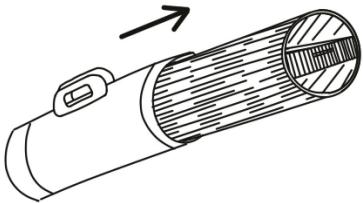
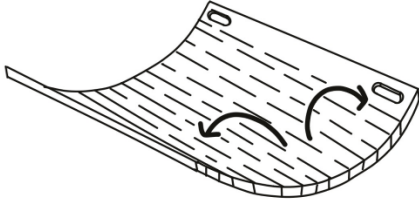
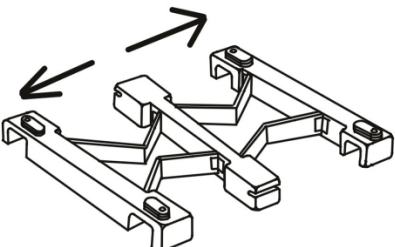
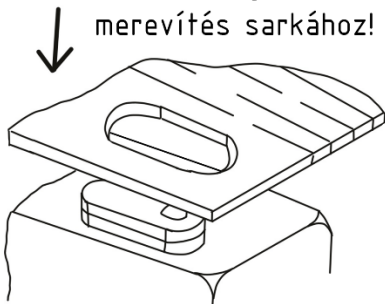
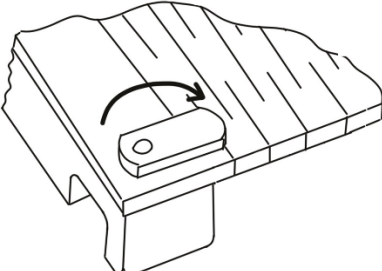
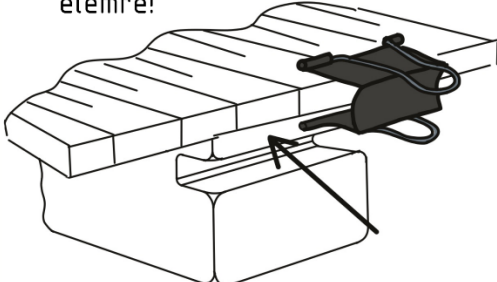
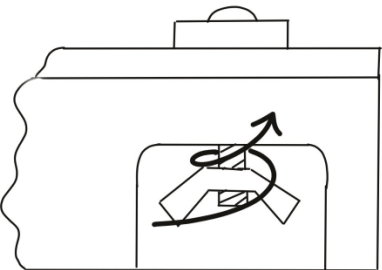
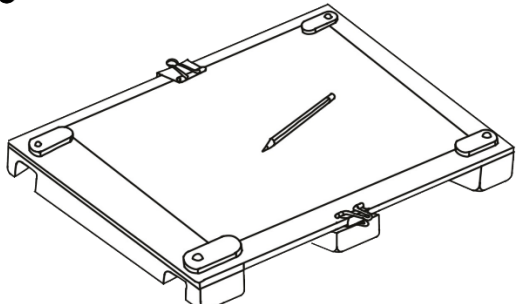
A prototípusból sok minden kiderült a szerkezettel kapcsolatban, így hasznos volt legyártatni. Mint a 0. prototípusnál itt is elmondható, hogy a rajztábla rögzítése a sarkokban kiválóan működnek. A rajz minőségéből szemmel nem lehet látni a különbséget egy hagyományos rajztáblával szembe, valamint kifejezetten könnyű a szerkezet.

Kiderült azonban, hogy a középső elem súlya miatt a szerkezet közepén lehajlik, ezt esetleg anyag elvonással lehet javítani.

A zsanérozás és a ragasztás részéről pontatlanul sikerült, valamint a zsanér minősége miatt minimális játék van az elemekben, amely pontos gyártás esetén biztosan kikerülhet.

Összeségében jól sikerült a prototípus és hasznos információkkal szolgált a továbbfejlesztéshez.

4.4 Összeszerelési útmutató

1 Vegye ki a terméket a csomagolásból! 	2 Nyissa ki a rajztáblát! 
3 Nyissa ki a merevítést! 	4 Illessze a rajztáblát a merevítés sarkához! 
5 Fordítsa el a 4 rögzítőelemet a sarkokban! 	6 Csípje az iratcsipeszt a középső elemre! 
7 Szorítsa rá mind a 4 anyát a szerkezetre! 	8 Rögzítse a rajzlapot és rajzra fel! 

83. ábra. Összeszerelési útmutató

4.5 Költség számítás (prototípus alapján)

A költség számítás elsősorban a prototípusra számoltam ki. Ezek az árak az általam elérhető alapanyagok átlag bruttó piaci ára. A 3. táblázat végén 3 költségbeclést végeztem. A tényleges prototípus a saját költségem volt, az egyetemi műhely használatával, valamint saját magam szereltem össze a prototípust. A 2. prototípus a becsült ár, ha a rétegelt lemezt is szükséges megvásárolni (továbbá A/AB osztályozásút), valamint a munkadíjjal együtt. A módosított prototípus pedig a korábban már említett, vegyes gyártású termék, ahol az oldal- és középső elem lézervágás és ragasztás helyett egy falécből van kimunkálva. A módosított prototípusnál, mivel így csak a rajztáblát szükséges lézervágnia, a munkadíj is csökken.

Megnevezés	Kiszerelés	Szükséges egység	Darab ár (bruttó)	Összesen (bruttó)	Forrás
M4 szárnyas anya	10 db	4 db	51 Ft	204 Ft	Ezermester Magyar Barkács Kft.
M4 x 25 mm D fejű csavar	10 db	4 db	15 Ft	60 Ft	
Zsanér + csavarok	3db	12 db	290 Ft	870 Ft	Kreatív Hobby Bolt
Faragasztó	80 g	1/5 db	920 Ft	184 Ft	
4 mm vastag nyár rétegelt lemez C/C osztályú	2,3 m ²	0,4 m ²	850 Ft/m ²	340 Ft	[39]
Lazúr	750 ml	40 ml	2300 Ft	125 Ft	[40]
Faléc* (2,4 x 4,8 cm)	2 m	1 m	590 Ft/m	590 Ft	[41]

Szolgáltatás	Idő	Óradíj	Összesen	Forrás
Lézervágás	2 óra	10 000 Ft	20 000 Ft	Árajánlat
Megmunkálás és összeszerelés	3 óra	2000 Ft	6000 Ft	Profession.hu

	Alapanyag ár	Munkadíj	Összesen
Prototípus tényleges	1783 Ft	0 Ft	1783 Ft
Prototípus becsült	4323 Ft	26 000 Ft	30 323 Ft
Módosított prototípus	4700 Ft	16 000 Ft	20 700 Ft
Különbség:			-32%

3. táblázat. Költség számítás

A fent említett árakat befolyásolja a beszerzési hely, valamint az alapanyag minősége (például: rozsdamentes acél csavar, nyár rétegelt lemez, erősebb zsanér...)

A végleges költségeket a munkadíjjal lehetne csökkenteni. Itt érdemes a minél rövidebb lézervágási időt preferálni, valamint minél nagyobb lapokat vágni. Ez az ár a lézervágó gép specifikációjától is függ, mivel gyorsabb és jobb teljesítményű gép kevesebb időt vesz igénybe.

4.6 Tárolás és szállítás

A rajztábla tárolása és szállítás egyszerű, kompakt és könnyű. Használat után a merevítő szerkezetet összecsárjuk, majd a rajztáblát feltekerjük és a tépőzár segítségével rögzítjük. A rajztáblát már behelyezhetjük a tartójába, majd a közepére a szerkezetet is. Az így szállítható termék befoglaló mérete $\varnothing 135 \times 310$ mm.



84. ábra. Kompakt tárolás



85. ábra. Összecsukott merevítő szerkezet



87. ábra. Összetekert rajztábla



86. ábra. Rajztábla rögzítve tépőzárral



88. ábra. Tároló a rajztáblához [54]

5 KÖVETELMÉNYEK ELLENŐRZÉSE

Csoport	Megnevezés	Adat/Érték	Súly	Ellen.	Megjegyzés
Szerkezet	Merevség	Síkban marad	A	✗	*
	Lehajlás	Max. 1 mm	A	✓	csak 0.3 mm
	Tömeg	<600 g	A	✓	581 g
	Tömeg	<1 kg	A	✓	846 g
	Rajztábla minimális mérete	Ráfér egy A3-mas lap	A	✓	
	Hordozható méret	Kisebb, mint feltekert rajztábla belső átmérője	A	✓	
	Elemszám	Nincsen elveszíthető alkatrész	Ó	✗	középső elemet rögzítő kapocs
	Mechanizmus	Összecsukható vagy összeszerelhető	A	✓	
	Stabilitás	Elemek stabilan egymáshoz rögzíthetőek	A	✓	
	Csomagolás	Szállítás közben nem sérül	S8	✓	
Ergonómia	Lekerekítések	Min. R5	A	✓	
	Biztonság	Nincsenek éles sarkok	A	✓	
	Felületminőség	Csiszolt	A	✓	
	Külső hatások elleni védelem	Felületkezelt	A	✓	
	Tömeg	Minél könnyebb	Ó	✓	
	Szállítás	Összecsukott állapotba rögzíthető	A	✓	
	Antropometria	Minél kényelmesebb fogás	Ó	✓	
	Rögzítés	Kis erőfeszítés	S8	✓	
	Biztonság	Minimális kockázat	A	✓	
	Összeszerelés	Kevesebb, mint 3 perc	A	✓	<1 perc
	Összeszerelési útmutató	Egyértelmű	A	✓	
	Szerszám-használat	Nem igényel	A	✓	
Életút	Anyag	Természetes	A	✓	
	Élettartam	Legalább 5 év	A	✓	
	Újra-hasznosítás	Minden elem újrahasznosítható	Ó	✗	Rajztábla fólia miatt
	Gyártás	Tömeggyártással gyártható	S7	✗	
	Gyártási költség	Minél olcsóbb	Ó	✗	drága prototípus

4. táblázat. Követelmények ellenőrzése

Eredmények értékelése:

A 3. táblázat alapján látható, hogy a kiválasztott és kidolgozott konstrukció jól teljesíti az információgyűjtés által meghatározott követelményeket.

Azok a pontok, ahol a követelmények nem teljesülnek, kettő érték kivételével mind óhaj. Bár ideálisabb lett volna, ha nincsen laza, elhagyható alkatrész, a középső rész rögzítése sokkal fontosabb volt.

Az újrahasznosítás más fólia anyag és rögzítési mód esetén teljesülhet, a jelenlegi könyvborító a prototípuson nem újrahasznosítható, azonban a fólia vastagsága biztosítja a megfelelő sima felületet a rajzoláshoz.

A tömeggyártás részben az alapanyag miatt nem kivitelezhető. Több tengelyű CNC marógép használatával vagy hibrid megmunkálási technikával gyorsítható a folyamat, azonban ezek költségesebb eljárások, mint a prototípusnál használt lézervágás és utólagos megmunkálás.

A prototípus gyártási költsége így is nagyon magas volt. Nagyobb gyártási mennyiséggel és fejlettebb eszközökkel biztosan javítható, de a tényleges költségcsökkentést más alapanyag használata adná (például: műanyag), amellyel megoldható a tömeggyártás.

*Szerkezet

A prototípus alapján megvizsgálva és elbírálva megállapítható, hogy a szerkezet könnyű, gyorsan szerelhető és lehajlása a teljes felületre vonatkozóan nagyban javult.

Ugyanakkor, a „Síkban marad” követelménynél, a prototípus összeszerelése és használata során érzékeltek, hogy a síkban maradás nem mindenhol teljesült a zsanéros elemek lefelé történő elmozdulása miatt, melynek oka a zsanérok játéka, valamint a gyártási-szerelési pontatlanság. Ezt a későbbiekben a továbbfejlesztéskor, például csavarok általi rögzítéssel ki kell küszöbölni.

A rajztábla síkja a széleken lehajlik – ezért ezt a továbbfejlesztés során a szélek merevítésével orvosolni szükséges.

6 TOVÁBBFEJLESZTÉSI ÖTLETEK

Már az ötletrajzok fázisában is felmerültek olyan ötletek és kiegészítő funkciók, amelyeket a termék továbbfejlesztési szakaszában szeretnék beépíteni a termékbe. Ezen felül a prototípuson keresztül is születtek továbbfejlesztési javaslatok, valamint ajánlások.

Az első ilyen ajánlás a jobb minőségű fa használata. Ahogyan a gyártástechnológiai információgyűjtésből kiderült, valamint a prototípusnál bebizonyosodott, a gyenge osztályú rétegelt lemezben található görcsök és ághibák a gyártás során problémát okoznak. Ezen felül esztétikai kérdés is. Jelen termék árbesorolása miatt prémium alapanyagot lehetne használni, akár A/AB osztályút is.

A termék olcsóbb, könnyebb verzióját is el lehetne készíteni műanyagból. A tömeg jelentős csökkentésével bizonyos rögzítések, például a csavar- és anyarögzítés, elhanyagolható.

Szerkezetileg érdemes lenne megvizsgálni a rajztáblán lévő kivágások méreteit, hogy milyen arányokkal optimális a rugalmasság és egyben a merevség is, valamint növelni a biztonsági tényezőt a fogak kitörésénél.

Ezen kívül, a követelmények értékelése pontban említett szerkezeti fejlesztéseket szükséges elvégezni a síkban maradás érdekében,

Plusz funkció lehetne, ha a táblát át lehetne állvánnyá alakítani vagy dönthetővé tenni, valamint a rajztáblát A2-es méretre megnagyobbítani.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom célja egy merev, összecusukható és egyszerűen szerelhető merevítőszerkezet kialakítása volt a „Roll” A3 feltekerhető rajztábla számára. Ez az egyedi konstrukció piacvezetővé válhatna egy jól megtervezett és kialakított szerkezettel, mivel a jelenlegi piacvezető főbb hátránya és fájdalompontja a mérete és súlya.

A dolgozatom során piackutatást végeztem, valamint információt gyűjtöttem az elérhető gyártástechnológiákról, szabadalmakról és jogszabályokról, majd egy minden követelményt teljesítő szerkezetet terveztem. A végleges koncepción végesem vizsgálatot futtattam le, amely jelentős fejlődést mutatott a lehajlási értékekben.

Ezen felül 2 prototípust is készítettem a mechanizmusok tesztelése érdekében. A vizsgálatok alapján megállapítottam, hogy a szerkezet javult az eredeti koncepcióhoz képest, valamint eleget tesz a rajztábla alapkövetelményeinek. Mindezek mellett, továbbra is érdemes a koncepció továbbfejlesztése a még merevebb szerkezet kialakításának érdekében, valamint plusz, értéknövelő funkció beépítésére.

SUMMARY

My thesis aimed to create a sturdy, collapsible and easily applicable structure to support the innovative "Roll" A3-sized rollable drawing board. This unique design could be a market leader with a well-designed structure, as one of the biggest problems of the current market leader is the bulkiness and heaviness of the drawing board.

Throughout my thesis, I conducted market research, gathered information on current technologies, patent and , then designed a structure that satisfies the primary goals. The final design was tested using Finite Element Analysis and showed positive and significant change in deformation rates.

I also created multiple prototypes to test the mechanism of the design. During the tests I was able to conclude that the stucture has improved compared to the previous design and satisfies the general requirements for a drawing board. Nonetheless, the design concept still needs to be worked on to provide better support and could benefit from additional features.

8 FORRÁSJEGYZÉK

- [1] Pirex 98 Kft., „Pirex.hu,” [Online]. Available: <https://www.pirex.hu/iskolaszerek/rajztablak/vecrajztabla-a-3.html>.
- [2] Rotring Kft., „Rotring.hu,” [Online]. Available: <https://www.rotring.hu/rotring-rajztabla-college-a3-t570052>.
- [3] Media Markt Magyarország Kft., „Mediamarkt.hu,” [Online]. Available: https://www.mediamarkt.hu/hu/product/_apple-ipad-10-2-9th-gen-64-gb-wifi-asztrosz%C3%BCrke-mk2k3hc-a-1367145.html.
- [4] Káplár fatelep, „osbfutar.hu,” [Online]. Available: <https://osbfutar.hu/blog/kemeny-fak-listaja-avagy-mitol-kemeny-a-fa>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [5] Fadepo Fatelep, „fadepofatelep.hu,” [Online]. Available: <https://fadepofatelep.hu/termek-kategoria/retegelt-lemez/>. [Hozzáférés dátuma: 30 10 2022].
- [6] Wikipédia, „Wikipedia.hu,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9tegelt_lemez. [Hozzáférés dátuma: 26 10 2022].
- [7] Káplár fatelep, „osbfutar.hu,” [Online]. Available: <https://osbfutar.hu/blog/retegelt-lemez-minosegi-osztalyok>. [Hozzáférés dátuma: 30 10 2022].
- [8] Maxi Plywood, „Facebook.com,” [Online]. Available: <https://www.facebook.com/maxiplywood/photos/a.391378621001824/1422032894603053/?type=3>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [9] Kreatív Lakás, „Kreativlakas.com,” [Online]. Available: <https://kreativlakas.com/parkettazas/fa-mechanikai-tulajdonsagai-rugalmassag-szilardsag-kemenyseg-kopas/>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [10] Káplár fatelep, „osbfutar.hu,” [Online]. Available: <https://osbfutar.hu/blog/az-osb-lap-hasznalata>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [11] Wikipedia, „wikipedia.org,” [Online]. Available: <https://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9zerv%C3%A1g%C3%A1s>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [12] L. Wood, „all3dp.com,” [Online]. Available: <https://all3dp.com/2/laser-cut-wood-laser-cutter/>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [13] Wikipedia, „wikipedia.org,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%A1s#CNC-mar%C3%B3k_feloszt%C3%A1sa_a_tengelyek_sz%C3%A1ma_szerint. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].

- [14] Harvey Performance, „harveyperformance.com,” [Online]. Available: <https://www.harveyperformance.com/in-the-loupe/understanding-wood-properties-for-cnc-woodworking-projects/>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [15] J. Klein, „all3dp.com,” [Online]. Available: <https://all3dp.com/2/cnc-nesting-all-about-cnc-cutting-method/>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [16] L. Peebles, „Hand and finger measurements,” in *Adultdata: The Handbook of Adult Anthropometric and Strength Measurements : Data for Design Safety*, Department of Trade and Industry, 1998, pp. 124, 149, 164, 167-168, 172, 179, 183.
- [17] W. Kluwer, „net.jogtar.hu,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200088.tv×hift=20230101>. [Hozzáférés dátuma: 20 11 2022].
- [18] Saasco Kft., „saasco.hu,” [Online]. Available: https://www.saasco.hu/Cms_Data/Contents/gepekcejelolese/Folders/Letoltes/~contents/Q4R2C3BX7ZVBBSC/SAASCO-CE_Termekcsoportok200703.pdf. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [19] Your Europe, „europa.eu,” [Online]. Available: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_hu.htm. [Hozzáférés dátuma: 03 12 2022].
- [20] European Commission, „ec.europa.eu,” [Online]. Available: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/ce-marking/manufacturers_en. [Hozzáférés dátuma: 04 12 2022].
- [21] European Commission, „eur-lex.europa.eu,” [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-HU/TXT/?from=EN&uri=CELEX%3A52022XC0629%2804%29>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [22] Compliance Gate, „compliancegate.com,” [Online]. Available: https://www.compliancegate.com/general-product-safety-directive/#GPSD_Documentation. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [23] European Commission, „ec.europa.eu,” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/51295>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [24] Espacenet, „espacenet.com,” [Online]. Available: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/024066438/publication/WO8500559A1?q=WO8500559A1>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [25] „Allsop.com,” [Online]. Available: <https://allsop.com/>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [26] E. V. Smith és E. T. Dunn, „Google Patents,” [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US2525838?q=collapsible>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].

- [27] V. E. Meinke, „Google Patents,” [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US2560466?q=collapsible>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [28] J. Robert H. Johnson, „Google Patents,” [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US4945689?q=collapsible+grid>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [29] S. Q. Zhu és E. Zheng, „Google Patents,” [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20100326938?q=foldable+shelf>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [30] „mediamarkt.hu,” [Online]. Available: https://www.mediamarkt.hu/hu/product/_orion-oswm-601-szendvicss%C3%BCt%C5%91-1271728.html. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [31] „Alamy.com,” [Online]. Available: <https://www.alamy.com/stock-photo-a-technical-drawing-board-and-t-square-with-a-pair-of-compasses-and-135227292.html>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [32] I. Gendler, „Isaac's science blog,” [Online]. Available: <https://isaacscienceblog.com/2016/06/10/how-do-fans-work/>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [33] „Ikea.com,” [Online]. Available: <https://www.ikea.com/hu/hu/p/grimar-tablet-tarto-bambusz-30292083/>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [34] „kosarbolt.hu,” [Online]. Available: <https://www.kosarbolt.hu/5383#images-2>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [35] „iroda24.hu,” [Online]. Available: <https://www.iroda24.hu/irodaszerek-13/iratrendezes-archivalas-15/gyorsfuzok-es-klippes-mappak-45/gyorsfuzo-klipes-a4-durable-duraclip-30-piros-54029.html>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [36] „Felvi.hu,” [Online]. Available: https://www.felvi.hu/felveteli/ponthatarok_statistikak/elmult_evek/!ElmultEvek/index.php/elmult_evek_statistikai/kepzesi-teruletenkent?filters%5Bsta_ev%5D=2020%2FK. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2022].
- [37] V. Vasileiou, I. Barboutis és V. Kamperidou, „Properties of Thin 3-ply Plywood Constructed with Tree-of-Heaven and Poplar Wood,” in *International Conference “Wood Science and Engineering in the Third Millennium” - ICWSE*, 2011.
- [38] MatWeb, „matweb.com,” [Online]. Available: <https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=103514e0d4cb4373925dc4c2cf5d645b&n=1>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [39] GL Fatelep, „Glfatelep.hu,” [Online]. Available: <http://www.glfatelep.hu/fmemailverification/nyar-retegelt-lemez/>. [Hozzáférés dátuma: 20 11 2022].

- [40] OBI, „obi.hu,” [Online]. Available: https://www.obi.hu/falazurok/obi-favedo-vekonylazur-oldoszeres-erdei-fenyo-750-ml/p/2201168?wt_mc=gs.pla...&wt_cc1=18262079436&wt_cc4=c&wt_cc9=&gclid=Cj0KCQiA-JacBhC0ARIsAIxybyNTFx0nBNmVgTDXee-CM2Ye6nEJYIAGNymTnn1i0otR7cTtKi47XCwaAo6yEALw_wcB. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [41] Bauhaus, „Bauhaus.hu,” [Online]. Available: <https://www.bauhaus.hu/lec-2-4x4-8x200cm.html>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [42] India mart, „indiamart.com,” [Online]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/18-mm-hardwood-plywood-20307398930.html>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [43] Compliance Gate, „compliancegate.com,” [Online]. Available: <https://www.compliancegate.com/wood-bamboo-product-regulations-european-union/>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [44] TÜV SÜD, „tuvsud.com,” [Online]. Available: <https://www.tuvsud.com/hu-hu/iparagak/fogyasztasi-cikkek/butorok-es-faipari-termekek>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [45] TÜV SÜD, „tuvsud.com,” [Online]. Available: <https://www.tuvsud.com/en/industries/consumer-products-and-retail/home-and-garden>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [46] Wikipedia, „wikipedia.org,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/CE_marking. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [47] Wikipedia, „wikipedia.org,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/ISO_9001. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2022].
- [48] Wikipedia, „wikipedia.org,” [Online]. Available: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Eszterg%C3%A1l%C3%A1s>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- [49] Janistudió, „famuves.hu,” [Online]. Available: <https://www.famuves.hu/fa/megmunkalas/hajlitas.php>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [50] Wood Magazine, „woodmagazine.com,” [Online]. Available: <https://www.woodmagazine.com/woodworking-how-to/wood-preparation/steam-bending>. [Hozzáférés dátuma: 30 11 2022].
- [51] „woodguide.org,” [Online]. Available: <https://www.woodguide.org/guide/laser-cutter/>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [52] „cnc-step.com,” [Online]. Available: <https://www.cnc-step.com/wood-milling/>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].

- [53] „faipar.hu,” [Online]. Available: <https://faipar.hu/hirek/fatermek/3100,esztergalyosbemutatok-a-ligno-novum-on.html>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [54] Sonelastic, „sonelastic.com,” [Online]. Available: <https://www.sonelastic.com/en/fundamentals/tables-of-materials-properties/woods.html>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- [55] ArtMiE, „kreativhaz.hu,” [Online]. Available: <https://www.kreativhaz.hu/leniar-muanyag-teleszkopos-rajzhenger-75-130-cm>. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2022].
- [56] V. Czirkó, C. Deli és A. Kling, PorTable: lézervágással készült feltekerhető rajztábla, Budapest: BME GT3, 2019.

9 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani a témavezetőmnek, Dr. Gara Péternek, a támogatásáért és biztatásáért, hogy folytassam munkámat a későbbiekben is. Továbbá Kling Annának, hogy lehetőségem volt az ötletét továbbfejleszteni, valamint segítséget nyújtott a prototípus gyártásával kapcsolatosan. Továbbá szeretném megköszönni Kopasz István műhelyvezetőnek, aki a rövid határidőn ellenére is támogató és segítőkész volt a prototípus gyártása során. Nem utolsó sorban a pedig családomnak a folyamatos biztatásért.